fondată în 1895
bpt
serie nouă

pierre rousseau

călătorie la capătul științei

cultură generală

bibliotecă pentru toți

Ilustrația coperții : *Ion Bănulescu*

pierre rousseau

călătorie la capătul științei

TRADUCERE DE JEANNE ȘI MIHAI LUTIC
CUVÎNT ÎNAINTE ȘI ADDENDA DE
EDMOND NICOLAU

BIBLIOTECA PENTRU TOȚI • 1972
EDITURA MINERVA • BUCUREȘTI

Revizie științifică : prof. dr. doc. *Călin Popovici*

Pierre Rousseau
Voyage au bout de la science
© Librairie Hachette, Paris, 1963

Editura Minerva (B.P.T.) ;
Toate drepturile rezervate pentru versiunea românească

CUVÎNT ÎNAINTE

Niciodată ştiinţa nu s-a dezvoltat atît de repede ca în epoca noastră, ceea ce duce la situaţia stranie în care specialiştii din fiecare domeniu acumulează date noi, în cantităţi uriaşe, dar adesea le lipseşte informaţia despre ceea ce e nou în alte domenii vecine. Iar aceasta, inevitabil, duce la lipsa unei imagini complete şi corecte despre lume. Iată de ce sînt binevenite lucrările de informare ştiinţifică, largi sinteze a cunoştinţelor în cîteva domenii fundamentale.

Precizarea este necesară, deoarece nu ne mai putem gîndi azi la o prezentare exhaustivă a tuturor cunoştinţelor, din toate ramurile ştiinţei. Este suficient să ne gîndim la matematică, spre a înţelege cît de dificil este să îmbrăţişăm totalitatea cunoştinţelor umane.

Lucrarea lui Pierre Rousseau *Călătorie la capătul ştiinţei* este o reuşită tentativă de prezentare a cîtorva date esenţiale pentru ştiinţă, date cîştigate în jumătatea de secol situată între 1913 şi 1963. Este o epocă bogată în evenimente, în care s-a născut ceea ce numim fizica nouă — dar şi noua viziune einsteiniană a universului. Tot atunci şi genetica a intrat pe o cale nouă, iar radioelectronica a pus la dispoziţia cercetătorilor instrumente

de lucru avînd posibilități nebănuite de generațiile anterioare.

Lectura cărții, în sine, este instructivă și captivantă. Dar, după cum știm, în anii ce au succedat lui 1963, știința a făcut din nou un mare pas înainte. Rămînînd interesantă ca document, cartea în sine este lipsită de această perspectivă contemporană, în care ultimii 8—9 ani au marcat-o profund.

Tocmai din acest motiv, a apărut necesitatea unor completări, a unor aduceri la zi. Am considerat util să plasăm aceste date noi la urmă, sub forma unei *Addenda*.

Sîntem convinși că această *Călătorie la capătul științei* va fi un îndemn pentru mulți cititori de a medita la rolul mereu crescînd al științei în viața contemporană, la splendoarea acestui edificiu construit de rațiunea umană și, poate, la necesitatea unei informări continue în domeniul științei. Pentru că, așa cum în special secolul nostru a dovedit-o, știința este singura cale prin care omul își poate îmbunătăți viața, stăpînind și transformînd natura.

EDMOND NICOLAU

ÎN CHIP DE INTRODUCERE

Drumul se oprea aici, cel puţin partea lui carosabilă, căci în spatele unui panou pe care scria: ŞANTIER — DRUM ÎN LUCRU, el continua, alb, colbuit, în norii de praf stîrniţi de munca terasierilor şi a maşinilor.

— Ce ar fi să mergem pînă la capătul lui ? propuse unul dintre drumeţi.

— La ce bun, răspunse altul dînd din umeri.

— Măcar ca să vedem ce e dincolo de şantier şi să aflăm unde duce.

Să mergi pînă la capăt, pentru simpla plăcere de a afla ce e acolo ! Aşa sînt oamenii înzestraţi de natură cu imaginaţie şi curiozitate ! Şi tot e bine cînd au cumînţenia să urmeze traseul jalonat de ingineri şi să nu se zbenguie hai-hui, cu riscul de a se rătăci, sau de a cădea în vreo groapă !

Mărturisi-va oare autorul, în faţa cititorului său, că acesta este scopul pe care şi l-a propus în cartea de faţă ?

Dar cine oare nu s-a întrebat, ca şi el, în clipele de visare : ce se ascunde în spatele obiectelor pe

care le vedem ? Dincolo de înfăţişarea lor de suprafaţă, rămîn oare lucrurile tot aşa cum ni se arată ? Pînă unde ? Şi ce se află la capătul cerului — dacă ar fi să aibă cerul un capăt ? — la capătul moleculei, al atomului, al nucleului ? Dar la capătul celulei vii, acolo unde se ascunde mecanismul vieţii ? Cît de mult am dori să putem merge pînă la acest „capăt" şi să aruncăm o privire peste zid !

Veţi obiecta că o astfel de dorinţă nu poate fi satisfăcută, că cine merge pînă la capătul ştiinţei intră în domeniul ştiinţifico-fantasticului, şi că de fapt ştiinţa nu are capăt etc. ! Dar ştiinţa are capăt, aşa cum are şi drumul în construcţie — ştiinţa e un şantier pe care savanţii lucrează din plin, demolînd ipoteze învechite, clădind altele noi, construind teorii, bazate pe experienţe şi observaţii, într-un noian de măsurători, de cifre şi de informaţii variate.

Acesta e genul de şantier pe care vă propunem, scumpe cititor, să-l vizitaţi împreună cu noi, folosind pentru aceasta drumul cel mai raţional cu putinţă. Vom pleca, într-adevăr, de la cunoscut, de la familiar chiar, şi vom înainta prudent prin locurile unde se elaborează ştiinţa viitorului. Acolo nu vom uita să aruncăm pe furiş o privire peste zid, în acea regiune tulbure, bîntuită de fantome ce pentru ştiinţa de mîine vor fi lucruri materiale şi fapte cunoscute.

Acest drum raţional nu va exclude miraculosul. Căci tocmai în aceasta stă minunea ştiinţei : neîncrezîndu-se decît în raţiune, ea e totuşi în măsură să dezvăluie realităţi care depăşesc bietele născociri ale scornitorilor de poveşti. Nimic mai obişnuit, decît să-i vezi pe ignoranţi minunîndu-se la poveştile de necrezut debitate de şarlatani intere-

saţi ; aşa a fost şi pe vremea vrăjitorilor din paleolitic, şi nu e mare scofală pentru succesorii lor moderni să răscolească imaginaţia clientelei lor : e mult mai uşor şi mai distractiv să crezi într-o istorie extravagantă, extraordinară, fantastică, în spiritism sau presimţiri, decît să-ţi pui la contribuţie mintea şi spiritul critic ! Întîmplarea face însă ca în zilele noastre incredibilul şi miraculosul să se ascundă tocmai în domeniul ştiinţei. Spre deosebire de himerele bătrîne cît lumea, repetate fără încetare de la Cagliostro, Paracelsius, sau de la magii egipteni şi babilonieni, peticite mai bine sau mai rău de către continuatorii lor, ştiinţa, tînără şi viguroasă, îşi împrospătează zilnic decorul feeric şi ne remodelează progresiv viaţa. Căci nu magicienii au inventat televiziunea sau grefele de organe, au lansat „Vostok"-urile sau „Hovercraft"-urile, au construit centrale atomice, au descoperit codul genetic şi au explorat radio-universul radio-galaxiilor ! Alături de aceste cuceriri gigantice ale ştiinţei autentice, cît de jalnice ne par veşnicele repetări, pălăvrăgeala delirantă a bieţilor vrăjitori !

Dar să nu ne mai ocupăm de domeniul steril şi milenar al iraţionalismului. Să începem fără a mai întîrzia proiecţia filmului serial al acestei Călătorii spre capătul ştiinţei. *Întuneric în sală. Preludiu de orchestră. Povestea începe în 1913...*

C a p i t o l u l 1

ȘTIINȚA PE VREMEA TATII, ACUM CINCIZECI DE ANI

15 decembrie 1913, pe la orele două după-amiază. După ce își puse pardesiul și pălăria, domnul Bigourdan, astronom la observatorul din Paris, își luă bastonul și coborî din apartamentul său de pe strada Cassini. Cerul era acoperit, dar vremea era călduță — termometrul arăta 8 grade — și un vînțuleț ușor mișca coroanele scheletice ale copacilor din Avenue de l'Observatoire. Domnul Bigourdan se postă în colțul bulevardului Port-Royal și începu să aștepte, cu răbdare, tramvaiul 8 care urma să-l ducă pe bulevardul Saint-Michel, la Academie.

SECOLUL LA ÎNCEPUTURILE LUI

1913. Acum cincizeci și ceva de ani. La urma urmei nu e chiar așa de mult de atunci, deși această dată poate părea multora dintre cititorii noștri înecată în bezna istoriei antice. Mulți dintre contemporanii noștri aveau de-acum vîrsta matu-

rității. Joliot-Curie nu avea decît 13 ani, în schimb Einstein — 34, și între ei am putea situa cei 32 de ani ai lui Teilhard de Chardin, cei 24 ai lui Charlie Chaplin sau cei 23 ai lui Charles de Gaulle.

Nu, nu e atît de mult de atunci, chiar dacă, ascultîndu-i vorbind pe cei care au trăit-o, epoca aceea ni se pare, de la distanță, cu totul străină vremii noastre, sau, cum ar zice un matematician, „incomensurabilă" cu ea. Să comparăm conținutul ziarelor pe care le citea domnul Bigourdan cu cel al propriilor noastre jurnale și nu vom întîrzia să facem o reflecție de genul acesteia : Cum ? Venerabilii noștri părinți (sau bunici) n-aveau alte griji ? n-aveau nimic mai bun de făcut ? Victoria lui Carpentier asupra lui Bombardier Wells... Raidul Paris — Cairo în aeroplan... Căsătoria lui Nijinski în America de Sud... Acrobațiile lui Pégoud și Védrines... Premiul Goncourt acordat lui Marc Elder... Gioconda regăsită la Florența... Fără să socotim, bineînțeles, faptele și gesturile zgomotoase ale stelelor scenei ca Sarah Bernhardt sau Lucien Guitry... „Fericite timpuri", care păreau să nu se sinchisească de uneltiri subversive, de amenințări de război, sau de impasul bugetului și se pasionau pentru niște fapte diverse atît de inofensive.

La drept vorbind, oamenii informați nu se lăsau păcăliți de această bunăvoință a soartei ; cei mai lucizi distingeau chiar semnele prevestitoare ale sfîrșitului „acalmiei". Dar, pentru majoritatea europenilor, frămîntările balcanice păreau un fel de peripeție îndepărtată și fără urmări, care dădea doar ocazie trimișilor speciali ai ziarelor să rivalizeze în fotografii savuroase ; discursurile sforăitoare ale lui Wilhelm al II-lea exasperau pe cei ce nu doreau războiul, dar domnul Oarecare

nu vedea în ele decît inevitabilele răbufniri ale eternei rivalităţi franco-germane ; era nevoie de ochiul pătrunzător al vechilor profesionişti ai vieţii sociale pentru a distinge, dincolo de trezirea neaşteptată a spiritualismului, apropiata înviere a unor mituri îngropate din vremea lui Ludovic al XVI-lea, spiritismul, astrologia, vrăjitoria ; nimeni nu îndrăznea totuşi încă să prezică bolile care aveau să se abată asupra acestei omeniri : fascism, rasism, cezarism.

Da, toate aceste racile care aveau să răbufnească în anii următori abia se zămisleau în taină, aşa încît societatea îşi continua senină viaţa de toate zilele. *„Ideile dominante ale unei epoci fiind,* aşa cum spunea Marx, *ideile clasei dominante"*, cele din 1913 erau în esenţă cele ale clasei burgheze... Ajunşi la putere încă din vremea lui Ludovic Filip sau de la începuturile domniei reginei Victoria, burghezii, deţinători ai acelei arme irezistibile — banul — înlocuiseră pe nobilii de altădată. Fuseseră întîi comercianţi, apoi industriaşi, apoi bancheri, numai profesii realiste şi tehnice care nu cereau capete înfierbîntate, nici spirite aventuroase, sau oameni excesiv de cutezători, ci capete metodice, calculate, legate de principii solide. Apoi, de-a lungul secolelor, clasa lor ieşise din sfera afacerilor, cucerise presa, magistratura, învăţămîntul, statul. Observăm astăzi, după 50 de ani, că burghezia ajunsese în 1913 la culmea cea mai înaltă a puterii şi expansiunii sale, deţinînd aproape peste tot puterea efectivă, şi chiar stabilind în lume un nivel mediu de civilizaţie... Stabilitatea ! de ea depindea prosperitatea economică ! De aceea idealul demnilor descendenţi ai lui Joseph Prudhomme şi César Birotteau era un paradis al conformismului şi al paternalismului care

îi făcea să verse lacrimi de înduioşare, cum ar fi spus La Fontaine. Un paradis în care fuseseră înrădăcinate pe vecie o jumătate de duzină de principii absolute, de certitudini, de „invariabile", intangibile şi indiscutabile prin definiţie : Adevărul, Dreptatea, Virtutea, Frumuseţea. Cine ar fi îndrăznit să atace aceste invariabile, privite ca tot atîtea dogme ? Existenţa unui Adevăr absolut era la fel de indiscutabilă ca şi cea a unei monezi stabile. Şi acela care ar fi pretins că francul ar putea fi „manevrat" şi redus la valoarea hîrtiei ar fi riscat să declanşeze un şoc social la fel de puternic ca afacerea Dreyfus, care dovedise că Justiţia, cu J mare, nu era decît o iluzie mirifică...

UN SAVANT DE PE VREMURI

Ştiinţa ! În acest volum nu va fi vorba decît despre ea şi nu — e oare nevoie s-o mai spunem ? — despre estetică sau despre sociologie. De aceea poate îmi veţi reproşa că am lăsat adineaori pe unul dintre reprezentanţii ei cei mai străluciţi, domnul Bigourdan, să aştepte în staţia de tramvai de la Port-Royal. Mă voi grăbi să repar această neglijenţă şi veţi vedea ce rol îi revine domnului Bigourdan în demonstraţia întreprinsă aici.

În 1913, deci, Guillaume Bigourdan era un om la vreo 60 de ani, cu mustăţi lungi şi pleoştite, îmbrăcat în negru, aşa cum o cerea condiţia lui de om de ştiinţă. Lucra la observatorul din Paris de treizeci şi patru de ani şi nu părăsise niciodată postul ce-i fusese încredinţat la sosire, luneta din turnul de vest. Ce lucrări efectuase în cursul acestei lungi cariere ? Lucrări de „astronomie de poziţie", adică, mai ales, măsurători ale coordona-

telor astrelor. Operă austeră desigur, dar, deocamdată, singura, cel puțin în Franța, de care un astronom se putea apuca în mod decent. De mai bine de două secole drumul astronomiei de poziție era luminat de farurile strălucitoare aprinse de Newton, Laplace, Le Verrier, și Henri Poincaré ; cum să nu pară mai promițătoare o carieră de astronom sub astfel de auspicii decît drumul încețoșat și nesigur al astrofizicii, așa cum se practica ea la Meudon ?

Astfel, domnul Bigourdan devenise un maestru al astronomiei de poziție, și catalogul lui de 5 000 de nebuloase îi deschisese în 1904 porțile Academiei de Științe. Era o lucrare aridă și prea puțin spectaculoasă, dar a cărei natură dovedea profunzimea de spirit a autorului ei. Căci regula de conduită a lui Bigourdan părea să fie următoarea : trebuie să te cunoști întîi bine, pentru ca să-ți poți măsura apoi posibilitățile. El își cunoștea posibilitățile și fiindcă gîndea că vremea descoperirilor senzaționale *à la* Le Verrier trecuse, se închistase într-o muncă de observație îndîrjită și plicticoasă. „Ce noroc dacă am avea cer acoperit diseară !“ — ofta uneori asistentul care-l însoțea în serile de veghe. Dar vai ! Chiar cînd cerul era nesigur, Bigourdan era la datorie... Într-o seară, conștiinciosul astronom se enervă așa de tare de lipsa de bunăvoință a asistentului, încît, într-un gest de supărare, se lovi cu nasul de lunetă... și, pînă a doua zi, geamul avu pe el, în mijlocul unei pete de sînge, amprenta nasului lui Bigourdan.

De la opt dimineața Bigourdan se afla în biroul său în mijlocul unor munți de cărți și hîrtoage, stînd să se prăbușească. Aici veneau subalternii să primească instrucțiuni, avînd grijă să meargă

pe cărăruia lăsată liberă pînă la el. Adevărat călău pentru colaboratorii săi, respectabilul savant își băgase în cap că un observator e făcut să observe... și chiar anunțase că dacă, vreodată, i s-ar încredința direcția observatorului din Paris, ar institui acolo un sistem prin rotație, de așa natură, încît nici un fenomen ceresc să nu-i poată scăpa.

Toți colegii lui fuseseră cuprinși de groază... și aranjaseră lucrurile în așa fel, încît, atunci cînd se ivise ocazia, postul să fie dat altuia.

La Academie, Bigourdan lua loc alături de alți reprezentanți iluștri ai astronomiei matematice : Henri Poincaré, Radau, Benjamin Baillaud, Bouquet de la Grye. Obișnuința de a lucra cu matematicile le formase tuturor acea turnură de spirit deterministă, care era în general caracteristica secolului. Grație obiceiului de a discuta liber în domeniul științei, căpătaseră de asemenea cu toții opinii liberale și agnostice. Cultura lor umanistă îi înzestrase totodată cu o nemărginită și universală curiozitate.

Pe vremea aceea, un savant era într-adevăr o ființă dublă : era un umanist, pe care fusese grefat un specialist. În timp ce specialistul lucra în domeniul lui, umanistul culegea idei de peste tot. Adesea citea grecește și latinește, fără nici o dificultate. Așa fuseseră Jacobi, Gauss sau Berthelot care ar fi putut să-și cîștige aceeași faimă în filologie ca și în știință ; așa fusese și Henri Poincaré, care la bacalaureat obținuse cea mai bună notă la latină ; tot așa fuseseră și Émile Picard, care preferase multă vreme literatura și istoria matematicilor ; Branly, care ezitase între Școala Normală de Științe și Școala Normală de Litere și care se necăjea pentru că nu era decît al

doilea pe clasă la traducerile din greacă ; astrofizicianul Pierre Salet, a cărui distracție preferată, dacă se poate numi așa, era filozofia persană și hindusă...

Așa era și Bigourdan, care se relaxa în urma ședерii în fața micrometrului, făcînd cercetări de istorie a astronomiei și se lăsa cu plăcere furat de cărțile vechi din biblioteca sa. Sînt vremuri trecute care pot lăsa un oarecare regret, din moment ce în afară de rare excepții, oamenii de știință nu mai au în zilele noastre timp să cultive altceva decît specialitatea lor, ba chiar sînt unii care își închipuie că știința începe odată cu ei...

LA VÎRSTA DE AUR A SCIENTISMULUI

Autorul acestei cărți a avut așadar ocazia să explice ideea pe care profanul și-o făcea în vremea aceea despre știință. Profanul : adică atît poporul de rînd cît și așa-zișii oameni culți. Se admitea, în general, că nu există altă cultură decît cea literară ; printre activitățile spiritului, numai activitățile literare sau paraliterare (juridice, istorice, filozofice) se bucurau de considerație ; cei care alcătuiau parlamentele, scriau în ziare și formau opinia publică erau oameni cu pregătire literară. Astfel încît, opinia publică se lăsa condusă de gusturi estetice, de sentimente și instincte mai degrabă decît de rațiune. Iată de ce, ignorînd sau disprețuind știința pură, lumea se entuziasma naiv în fața aplicațiilor ei !

Era epoca unei mari explozii de invenții. Explozie care sărea în ochi, fiind vorba de lumina electrică, de telegraf, de cinematograf, de aeroplan și de radiu ca și de cărbunele alb, de aerul lichid, de

medicina antibacteriană. Toate, realizări spectaculoase şi atît de strălucite, încît cercetările dezinteresate din care ieşiseră dispăreau în umbră!

Într-adevăr, niciodată, mai ales în Franţa, nu existase o prăpastie atît de mare între admiraţia faţă de aplicaţiile ştiinţei şi autorii lor (Edison, Marconi, Lumière...) şi indiferenţa dispreţuitoare faţă de cercetarea fundamentală şi savanţi [1]. În 1913 savantul continua să fie în ochii mulţimii un domn bătrîn, sever şi maniac, care îşi pierde vremea cu îndeletniciri de o inutilitate dezarmantă. Exceptînd Germania, autorităţile păreau să împărtăşească acest punct de vedere, din moment ce cercetarea ştiinţifică nu-şi găsea nici un loc în bugete, şi cercetătorii nu erau recunoscuţi decît ca profesori. Lucrul acesta a fost, de altfel, dovedit în mod edificator în anul următor, cînd Franţa l-a mobilizat pe Jean Perrin ca ofiţer de infanterie şi pe Victor Grignard, laureat al Premiului Nobel, ca soldat şi paznic de cale ferată...

Trebuie să recunoaştem că unii contribuiau la menţinerea acestei ignoranţe ; aceia pentru care turnul de fildeş nu era o metaforă şi care împingeau atît de departe respectul pentru ştiinţa pură, încît li se părea că o profanează atunci cînd o expuneau în public. Cercetarea era pentru ei o operă aproape sacră, care trebuia păzită de contactul impur al mulţimii ignorante. Astfel, spre deosebire de Henri Poincaré, Jean Perrin, Louis de Launay, Pierre Termier — în Franţa, şi Crookes, Rayleigh, Suess sau Haeckel — în alte ţări, care

[1] Cu excepţia radiului, gloria lui Pierre şi Marie Curie este universală (n.a.). În cuprinsul cărţii de faţă notele autorului sînt urmate de menţiunea : (n.a.). Notele redacţiei româneşti sau ale traducătorilor nu sînt urmate de nici o menţiune.

socoteau necesară difuzarea cunoștințelor și se străduiau în acest sens, erau și alții pe care îi îngrozea ceea ce numeau ei „vulgarizarea". Era cazul lui Bigourdan, care refuzase să adere la societatea de astronomie întemeiată de Flammarion. La fel se purta și un personaj din tabăra cealaltă, cu un auditoriu mult mai vast — nici mai mult, nici mai puțin, decît Anatole France, — care se voia raționalist, dar scrisese în *Cartea prietenului meu* aceste rînduri surprinzătoare: *„Băieții, care cred că tot ce zboară se mănîncă, își închipuie, pentru că așa spune domnul Jules Verne, că se poate merge într-un obuz pe lună și că un organism omenesc se poate sustrage fără nici un inconvenient legilor gravitației pămîntești. Aceste caricaturi ale nobilei științe a spațiilor cerești, ale anticei și venerabilei astronomii sînt lipsite de adevăr și de frumusețe."*

Fie că faptul era recunoscut sau nu, la originea tuturor invențiilor care făceau mîndria acestor primi ani ai secolului al XX-lea, stătea totuși știința pură! Savanții erau desigur primii care își dădeau seama de acest lucru: cum să nu fi fost ei, deci, convinși că metoda științifică care îi condusese la succese atît de răsunătoare era singura metodă bună, singura metodă aptă să scoată la lumină secretele universului? Se înțelege, așadar, de ce toți și-au fixat suveranitatea științei drept principiu și și-au însușit părerea exprimată de Renan în *Viitorul științei*, că: *„Numai știința poate furniza omului adevărurile vitale fără de care viața n-ar fi de suportat, iar societatea n-ar fi posibilă... Va veni o zi cînd omenirea nu va mai crede, ci va ști; o zi în care omenirea va cunoaște lumea metafizică și morală așa cum cunoaște lumea fizică; o zi în care guvernarea omenirii nu va*

mai fi lăsată la voia întîmplării și intrigii, ci va fi rezultatul discutării raționale a ceea ce este mai bun și a celor mai eficace mijloace de a ajunge la aceasta." Pe scurt, e explicabil că majoritatea savanților au fost *scientiști*.

Pentru scientiști lumea nu se compune decît din materie și energie și toate fenomenele trebuie să-și găsească e explicație mecanică. Această concepție provenea direct de la Descartes. Modificînd-o, Auguste Comte crease pozitivismul ; Herbert Spencer îi adăugase evoluționismul, iar niște savanți germani ca Feuerbach, Karl Vogt, Buchner și Haeckel făcuseră pînă la urmă din ea un ansamblu coerent pe care îl încorporaseră în materialism.

În 1913, fuseseră depășite formulele categorice ale lui Feuerbach sau Haeckel — de genul : omul nu e decît ceea ce mănîncă, sau : creierul secretă gîndire, așa cum ficatul secretă fiere — iar filozofi ca Hamelin, Bergson, Boutroux, Le Roy și Blondel creaseră chiar curente noi care mergeau de la idealismul dialectic mai mult sau mai puțin inspirat al lui Kant, pînă la spiritualismul cel mai metafizic ; dar aceste școli diverse, care exercitau o mare seducție asupra oamenilor din lumea bună și asupra tineretului, nu aveau nici o priză asupra savanților. Într-o epocă în care domnea experiența, cum ar fi putut ei să dea vreo atenție unor visuri fără nici o temelie, unor gînditori care revărsau potop de cuvinte și pronunțau cu o voce muribundă intuiții mistice ? Nu cuvintele frumoase sau incantațiile suave puteau face să se învîrtă un motor sau să se descopere radioactivitatea !

Să nu ne mirăm deci dacă la vremea respectivă majoritatea oamenilor de știință erau, mai mult

sau mai puțin, pricepuți în scientism. După Haeckel, care fusese scientist fără să știe, Le Dantec se proclamase și el adept al acestei teorii și își expusese argumentele într-o serie de cărți pline de talent și de erudiție.

În acest ultim an dinainte de primul război mondial, Felix Le Dantec, care avea 44 de ani, era biolog la Sorbona, cunoscut ca transformist și în special ca adept al lui Lamarck. Precursor al modernilor, el considera că viața nu e decît rezultanta unor fenomene pur fizico-chimice. Fiind de acord, în privința asta, cu fizicieni iluștri cum ar fi Kelvin, el deducea că toate fenomenele chiar și cele mai complexe sînt reductibile la niște jocuri de sisteme mecanice, și că, deci, toate pot fi exprimate, în ultimă analiză, sub formă de ecuații diferențiale.

Această idee, conform căreia *„toate transformările lumii fizice s-ar supune legilor mecanicii"* se trăgea tot de la Descartes și Galileu, și fusese explicată de Émile Picard, în 1905, în cartea sa *Știința modernă* — din care am extras citatul de mai sus ; totuși, abia Le Dantec îi dăduse aspectul ei cel mai logic și cel mai complet. Fiind determinist și mecanicist, acest savant ajungea în mod inevitabil să admită că, din moment ce toate evenimentele erau descriptibile prin intermediul ecuațiilor, toate trebuiau să fie teoretic previzibile : *„Lucrurile sînt determinate, lucrul acesta este sigur ; nu există excepții de la legile naturii ; sîntem cu toții niște marionete supuse acestor legi ; sforile care ne conduc sînt însă prea multe și nimeni nu le poate ține pe toate deodată ; de aceea nimeni nu poate prevedea viitorul."*

În ciuda acestei ultime rezerve, se vede ce pretenții mari avea scientismul. El se credea, de

fapt, în măsură să cuprindă totalitatea universului într-o explicație mecanică. Mîndria îndreptățită de recenta descoperire a atomului, a radioactivității, a relativității și a legilor geneticii îi „dădea fumuri". Se vedea, de pe acum, aproape de capătul cunoașterii, și cum nu se îndoia de nimic, își închipuia că nu-i mai rămîne decît un pas pînă la dezlegarea tuturor misterelor lumii. Ar fi fost totuși cazul pentru scientiști să-și repete faimoasele cuvinte puse de Shakespeare în gura lui Hamlet : *„Există mai multe lucruri în cer și pe pămînt decît poate visa filozofia noastră"*, și viitorul avea să le arăte că în ciuda bunelor lor intenții, scientiștii se înșelau.

O ȘEDINȚĂ A ACADEMIEI DE ȘTIINȚE, ÎN 1913

Cititorul își va spune probabil că domnul Bigourdan are ghinion cu noi și că în timp ce noi vorbim despre scientism, astronomul nostru a avut tot timpul să ia tramvaiul, ba chiar să ajungă la Academie.

Exact ! Iar noi înșine vom avea acum timp suficient pentru a-l însoți în sala de ședințe a Academiei de Științe. În ziua aceea, sala era ciudat de zgomotoasă și neobișnuit de plină. În acea luni, 15 decembrie, se ținea marea ședință anuală a decernării premiilor și la ea asistau nu numai academicienii, dar și laureații, precum și numeroase persoane care manifestau, de aproape sau de departe, interes pentru mișcarea științelor.

Medicul Felix Guyon se și instalase în fotoliul prezidențial, dar sala continua să se agite. Bigourdan se apropie, semnă foaia de prezență, strînse mîna colegilor și se alătură unui mic grup,

nu de astronomi — fiindcă era certat, printre alții, cu Baillaud, directorul observatorului din Paris și cu Deslandres, directorul observatorului din Meudon —, ci de matematicieni. Erau acolo Paul Painlevé, de doi ani deputat al Parisului și Pierre Puiseux, cel care făcuse harta lunii, fiind, în plus, și un renumit alpinist. Se afla printre ei și un membru nou, Jacques Hadamard, ales în anul precedent, și care rămăsese celebru prin intrarea sa la Școala Politehnică. Fusese admis pe locul întîi, în același timp, la Politehnică și la Școala Normală — pentru care optase pînă la urmă — cu un număr de puncte ce nu mai fusese atins de la întemeierea școlii ! Vom aduce, în trecere, omagiul nostru acestui mare matematician, unul din continuatorii lui Poincaré !

Trecuse un an și jumătate de la moartea lui Poincaré și Gaston Darboux se ridicase pentru a-i cinsti amintirea.

Darboux : alt „fenomen" al matematicilor, care reușise și el pe locul întîi la admitere la Școala Normală Superioară și la Politehnică, dar la care Universitatea trebuise să trimită pe însuși Pasteur pentru a-l aduce în sînul ei ! Cînd fusese primit la Academie, mama lui continua să vîndă lapte în prăvălioara ei de la Nîmes, de la 7 la 8 dimineața și de la 5 la 9 seara. Era atît de puțin feminină, încît întregul cartier o numea, printr-un joc de cuvinte, nu doamna Darboux, ci doamna de Déréboux (doamna Au Rebours [1] !).

Vizitatorului îi erau semnalate, în diferite grupuri, personalitățile cele mai cunoscute, cele pe care actualitatea zilei își ațintise reflectoarele.

— Iată-l pe Charles Richet, spunea lumea. Vine de la Stockholm, unde a primit premiul Nobel

[1] *Au rebours* — pe dos ; deci, doamna Pe Dos.

în medicină. Nu e încă membru al Academiei, dar va fi ales peste două săptămîni. E un om extraordinar : a inventat un elicopter, cu colaborarea prietenului său Bréguet ; a scris o dramă în versuri, *Circé*, care se joacă la teatrul din Monte Carlo (cu Sarah Bernhardt, închipuie-ţi, dragă), a publicat totodată un *Tratat de psihologie generală*, a scris o culegere de fabule şi a reînviat vechiul spiritism botezîndu-l *Metapsihică*... ceea ce nu-l împiedică să fie cel mai mare fiziolog de la Claude Bernard încoace...

— Acolo, lîngă el, domnul cu bărbiţă, cu faţa osoasă, nu e cumva doctorul Roux ?

— Ba da ! E exact contrariul lui Richet — doar geniul îi aseamănă. Un om tăcut, un ascet, dăruit în totul şi cu totul operei sale. Ultimul şi cel mai apropiat colaborator al lui Pasteur.

— Dar bărbosul celălalt, care discută cu Branly?

— E Lippmann, pionierul fotografiei în culori, laureatul premiului Nobel 1908. Un om căruia, în afară de laboratorul lui, nu-i plac decît concertele de muzică de cameră. Haydn şi Mozart alături de Arago şi Fresnel ! Uite-l şi pe chimistul Grignard, laureat al premiului Nobel de anul trecut şi de două săptămîni membru corespondent al Academiei. De ce depinde un premiu Nobel ? Profesorul lui se descotorosise pe vremuri de el dîndu-i o lucrare cu care nu ştia ce să facă — „un os de ros", se plînsese atunci cu amărăciune tînărul chimist. Pînă la urmă osul acesta îl dusese la descoperirea clasicei „reacţii Grignard"... şi îi deschisese drumul spre Stockholm ! A fost de altfel însoţit în capitala Suediei de prietenul său Sabatier, care predă la Toulouse şi pentru care Academia a creat, chiar anul acesta, secţia membrilor „fără loc", ca să-i permită să vină la şedinţe...

Dar nu are rost să-i trecem în revistă pe toți membrii Academiei de Științe din 1913, nici, de altfel, să vă povestim ședința. Vom spune numai că în cursul ei a fost evocată memoria unor oameni de știință, astăzi uitați, că s-au decernat premii pentru lucrări care au avut de mult aceeași soartă, că a fost sărbătorit matematicianul finlandez Sundman, care dăduse de capătul cumplitei probleme a „celor trei corpuri", și că a fost chiar dublată suma premiului lui. Vom adăuga că s-au făcut observații răutăcioase asupra generozității cu care matematicianul Joseph Bertrand, mort în 1900, populase pînă la o dată foarte recentă Compania, astfel încît la ședințe puteau fi văzuți alături de el cumnatul lui — Hermite, nepoții lui prin alianță Émile Picard și Paul Appell, nepoțelul lui — Émile Borel, fiul lui — Marcel Bertrand și o parte din familia acestuia din urmă, socrul lui (Mascart), unchiul lui (Émile Duclaux) și cumnatul lui (Marcel Brillouin) — fără a mai socoti pe unchiul de al doilea, Alexandre Bertrand de la Academia de Inscripții și pe cumnatul Rabaud de la Academia de Arte frumoase ! [1]

Dar, să acordăm mai degrabă atenție micului grup de matematicieni cu care conversa Bigourdan. Acest grup tocmai fusese abordat de un necunoscut. Un domn oarecare se prezentă respectuos, își declină calitatea de ziarist și explică :

— Am fost însărcinat de direcția ziarului meu să fac printre savanții cei mai reprezentativi o anchetă asupra stadiului actual al principalelor științe. Mi se cere, domnilor, să vă pun în special următoarea întrebare : fizica, chimia, astronomia,

[1] Maurice d'Ocagne : *Oameni și lucruri din știință* (Vuibert, 1930) (n.a.).

biologia au oare vreo speranță să ajungă într-o bună zi la „capătul" domeniului lor ? Și ce poate fi la acest capăt ?

O ANCHETĂ ASUPRA „CAPĂTULUI" ȘTIINȚEI

N-avem de ce ne mira de o asemenea anchetă printre savanți. Anchetele erau la modă, și abordau chiar și subiecte aride, cum ar fi știința sau filozofia. În 1908, psihologul Alfred Binet, profesor la Sorbona, autor, printre altele, al *Pompierului Justinei*, vodevil cam picant, făcuse o astfel de anchetă asupra tendințelor filozofice în învățământ ; în 1911, săptămînalul *Mercure de France* sonda lumea intelectuală asupra persistenței sau stingerii sentimentului religios, apoi *Revue Bleue* se preocupă de interesul savanților pentru politică. O anchetă asupra „capătului" științei părea însă la prima vedere mai dificilă. Cel puțin așa ni se pare nouă, oamenilor din a doua jumătate a secolului al XX-lea. Ni se pare culmea extravaganței sau a naivității să întrebi pe un savant dacă cutare sau cutare știință e limitată de un zid sau de neant. Cosmosul ne apare ca inepuizabil și nici nu s-ar putea altfel, din moment ce este infinit, așa cum tinde s-o demonstreze astronomia contemporană.

Totuși, întrebarea ziaristului din 1913 era și mai este de înțeles. Căci, chiar dacă domeniul științei ar avea o limită, nimic nu garanta că această limită ar fi accesibilă ! Un scientist ar fi putut spune judecînd prin analogie : „Luați scara temperaturilor ; ea nu are granițe în ceea ce privește temperaturile ridicate și putem concepe temperaturi de milioane și milioane de grade. În

schimb, în ceea ce privește temperaturile joase, scara lor este limitată la — 273,15°. Această temperatură este, într-adevăr, o limită, în sensul matematic al cuvîntului, căci specialiștii frigului se apropie, într-adevăr, din ce în ce mai mult de ea, dar salturile lor succesive sînt din ce în ce mai mici, astfel încît nu o vor atinge niciodată."

Un exemplu mai vulgar, din domeniul sportului bunăoară, ar fi la fel de bun : cursa de o sută de metri. În 1896, aceasta a fost cîștigată în 12 secunde ; în 1900, în 10,8 secunde, în 1908, în 10,6 secunde ; în 1960, în 10,2 secunde. Totul se petrece ca și cum campionii s-ar apropia din ce în ce mai mult de limita fatidică a celor 10 secunde, fără a avea vreo șansă s-o atingă cîndva.[1]

— Cine știe, ar fi putut cineva răspunde anchetatorului nostru, dacă nu se întîmplă în explorarea universului același lucru ca și în coborîrea către zero absolut sau în cucerirea celor o sută de metri ? S-ar putea să existe, fie în infinitul mic, fie în infinitul mare, o limită spre care știința tinde în salturi din ce în ce mai mici ?

Nu, întrebarea nu era absurdă și personalitățile cărora se adresa nu aveau nici un motiv să se sustragă de la răspuns. Mai multe dintre ele răspunseră deci dorinței ziaristului ; ele întocmiră un inventar al domeniului lor de specialitate, îi delimitară studiul, apoi se întrebară asupra graniței ce i se putea fixa.

Nu vom pune sub ochii cititorului ancheta însăși : profitînd de avantajul ce ni-l dă o depărtare de 50 de ani, ni se pare preferabil să transcriem aici un rezumat. Acesta ne va da punctul de plecare pentru propria noastră anchetă în această

[1] După 1963, această distanță a fost parcursă în 10,1 secunde, și mai tîrziu în 10 secunde.

„Călătorie la capătul universului“ la care vă invităm să participaţi. Va fi, într-un anumit fel „rampa de lansare“ de pe care vom porni pe imensa traiectorie ce a urmat-o ştiinţa din vremurile aproape preistorice dinainte de 1914.

Acest bilanţ ştiinţific de acum o jumătate de secol ne dă atît motive de mîndrie cît şi de umilinţă ; de mîndrie fiindcă pune în lumină progresele fulgerătoare înregistrate de la Henri Poincaré şi Bigourdan încoace ; de umilinţă, fiindcă ne obligă să ardem ceea ce ştiinţa de pe vremea tatii ridica în slăvi ; să punem la păstrare o parte, în muzeul cu antichităţi : mecanicismul, scientismul, antropocentrismul, monismul etc., caii de bătaie ai unora ca Kelvin, Haeckel şi Le Dantec, şi ne dă convingerea că oceanul ignoranţei ne pare cu atît mai mare cu cît ştiinţa avansează mai mult.

ASTRONOMUL SE SIMŢEA BINE ÎN MICUL LUI CANTON SOLAR

Vreţi să ştiţi ce se înţelegea prin „astronomie“ acum 50 de ani ? Deschideţi *Larousse*-ul din vremea aceea şi veţi citi la cuvîntul *astronomie* : *„Astronomia ne învaţă să determinăm poziţia relativă a astrelor, configuraţia lor şi să constatăm legile mişcării lor“*. Definiţie evident insuficientă : pe lîngă această astronomie pe care o putem considera clasică, astronomia nouă, adică astronomia fizică, era o plantă în plină vigoare. Trebuie totuşi să acordăm *Larousse*-ului din 1913 circumstanţa atenuantă că ştiinţa cerului, aşa cum o înţelegea el, rămînea încă baza necesară oricărui studiu al cosmosului. Astrofizica apărea ca o

suprastructură, și astronomia, așa cum o clădiseră timp de 3000 de ani Hipparch, Ptolomeu, Copernic, Galileu, Newton, Laplace și Poincaré, era, prin forța lucrurilor, o astronomie matematică, înainte de a fi o astronomie fizică.

Că această astronomie matematică a fost cultivată mai ales în Europa, nu e de mirare : Europa era îndrumată în acest sens de tradiție și constrînsă totodată să procedeze astfel din cauza lipsei de mijloace. A face astrofizică înseamnă, de exemplu, să măsori intensitatea luminii stelelor sau să le fotografiezi spectrul ; lucruri care cer instrumente de optică foarte puternice, deci cu o foarte mare deschidere și în consecință foarte costisitoare. Or, deși vechiul continent poseda cîteva aparate de o talie respectabilă — telescoapele de un metru de la Meudon și de la Hamburg, luneta de 83 cm de la Meudon, cele de 80 cm de la Potsdam, și de 76 cm de la Pulcovo și Nisa — el nu putea intra în competiție cu Statele Unite ale căror două lunete, cele mai mari, măsurau respectiv 91 cm (observatorul Lick) și 1,02 m (Yerkes) ; care puseseră în funcțiune, în 1908, la observatorul de pe muntele Wilson, un telescop de 1,52 m și unde se construiește în prezent unul de 2,54 m.

Și apoi, astronomia matematică se afla la apogeul ei : avea mîndria de a prezice fenomenele cerești cu o aproximație de o secundă și prestigiul pe care i-l dădea geniul omului ce o încarna, Henri Poincaré ! Acesta murise de un an, dar domina încă întregul cîmp al mecanicii cerești. Cînd fusese primit la Academia Franceză, Frédéric Masson spusese răspunzînd la discursul lui Poincaré : *„Pentru oricine face studii de matematică, dumneavoastră sînteți maestrul ; sînteți, în Franța, singurul exemplu al unei superiorități unanim re-*

cunoscute și reputația dumneavoastră, întemeiată de la bun început de către colegii dumneavoastră de la Școala Politehnică, susținută apoi de cei de la Sorbona, răspîndită de confrații de la Academia de Științe, proclamată în mod plebiscitar de către savanții din întreaga Europă, a devenit o axiomă; o axiomă pe care nici chiar dumneavoastră, domnule, nu o veți putea contesta!" Nimeni, de altfel, nu se gîndea să conteste faptul că Poincaré era, la vremea aceea, savantul cel mai cunoscut din Europa și poate din lume.

...Nici că Franța ocupa, grație lui, primul loc în mecanica cerească! De altfel și în astronomia de poziție, Franța ocupa, în rînd cu Anglia și Germania, primul loc: astronomia de poziție era o treabă ingrată, deloc spectaculoasă, fără descoperiri senzaționale, nici delectări intelectuale în perspectivă, era însă o treabă fără de care astronomia n-ar fi putut exista. De ea s-au ocupat specialiști ca Bigourdan, al cărui vis era să publice niște cataloage care să situeze fiecare stea, cu maximum de precizie, pe coordonatele ei cerești. Nu e greu să ne închipuim cîtă trudă cere îndeplinirea unui astfel de vis, dacă ne gîndim că acel catalog întocmit la Bonn de germanul Argelander în 1862 și care continuă să fie utilizat, dă poziția a peste 300 000 de stele!

Să nu credem că a urmări și a prezice deplasarea lunii și a planetelor, a fixa locul stelelor sînt ocupații cu totul lipsite de interes practic. În realitate, ați fi fost destul de surprins, dacă ați fi pătruns, în ziua de 20 octombrie 1913, în observatorul din Paris. Ați fi găsit acolo, în sala de onoare, crema astronomiei de poziție din 32 de țări, inclusiv Siberia și statul Kiaochan, sub președinția lui... Louis Barthou, președintele Consi-

liului de Miniștri francez. Așa cum a scris mai tîrziu astronomul Charles Nordmann, *„se născuse Internaționala orară"* ; specialiști din toate țările, împuterniciți de guvernele respective, creaseră Biroul Internațional al Orei.

Vom înțelege oarecum importanța acestui B.I.O. dacă ne vom aminti că din 1913 el dă ora exactă lumii întregi și o distribuie în consecință persoanelor particulare prin intermediul ceasurilor vorbitoare și al radioului. Faptul că observatorul din Paris a fost desemnat din octombrie 1913 drept sediu al acestui organism nu era o întîmplare : în primul rînd, Franța era aceea care inițiase această acțiune ; apoi, rolul capital pe care-l jucaseră specialiștii francezi în astronomia de poziție merita acest omagiu. Astronomii germani făcuseră oarecare opoziție : n-aveau ei oare marea antenă de la Nauen, care ar fi putut foarte bine să radiodifuzeze ora exactă ? *„Dar noi avem turnul Eiffel, care e mult mai înalt !"* ripostaseră francezii printre care maiorul Ferrié.

La vremea aceea, deci, sistemul solar era un mecanism binecunoscut astronomilor și care mergea ceas, conform legilor mecanicii cerești. Satisfacția era cu atît mai mare, cu cît distanța față de lună și de planete putuse fi precizată în ultimii ani, conform unei metode noi. Această metodă se baza pe observațiile făcute asupra micii planete *Eros*, descoperită în 1898. Datorită ei, eroarea în aprecierea distanței față de soare, eroare care fusese pînă atunci de aproximativ 2 500 000 km, scăzuse pînă la vreo 66 000 km, stabilindu-se valoarea distanței la 149 500 000 km. Era, aproape, valoarea adoptată la ora actuală (v.p. 255).

Pentru majoritatea astronomilor, studiul sistemului solar era un capitol încheiat. Toate distan-

ţele erau cunoscute, toate mişcările inventariate. Cîţiva nonconformişti insinuau, ce-i drept :

— Şi dacă mai există o planetă dincolo de Neptun ? Cine ştie, dacă n-o vom descoperi analizînd perturbaţiile lui Uranus şi Neptun, aşa cum le analizase Le Verrier pe cele ale lui Uranus ?

Dar, după părerea riguroşilor „mecanici cereşti", aceasta era o ipoteză pur gratuită şi aceia care, asemenea americanilor Lowell şi W.H.Pickering, răscoleau o mare de ecuaţii pentru a încerca să găsească o planetă transneptuniană erau rău priviţi.

— Nu mai e nimic de descoperit în sistemul solar, în afară de asteroizi şi comete — trânşau majoritatea pontifilor. E adevărat că se remarcă unele mici dezacorduri între prevederile mecanicii cereşti şi mersul real al cîtorva astre, mai exact, Luna şi Mercur, dar e mai degrabă o simplă chestiune de reglaj ; ne vom ajusta mai bine ecuaţiile şi, fără nici o îndoială, Luna şi Mercur se vor decide să li se supună.

Cine s-ar fi gîndit că aceste mici dezacorduri, considerate de toată lumea ca neînsemnate, nu erau decît manifestări superficiale ale unor fenomene mai puţin vizibile, dintre care însă, unul cel puţin, era uriaş ? Anomalia mişcării Lunii trăda neregularităţi ale mişcării Pămîntului, care aveau să fie scoase la lumină de americanul Brown, cu 13 ani mai tîrziu ; în ceea ce le priveşte pe cele ale mişcării lui Mercur, ele nu erau decît o consecinţă a relativităţii lui Einstein, şi constituiau, chiar, o dovadă a ei.

Lăsînd la o parte aceste mici discordanţe, sistemul solar era considerat cunoscut pînă în cele mai tainice ascunzişuri ale sale.

— Măcar din punct de vedere mecanic, va exclama cititorul, Luna şi planetele nu pot fi totuşi considerate drept simple puncte fără dimensiuni şi studiul lor fizic are şi el o oarecare importanţă !

Da, desigur, dar atît de mică ! Cum arată suprafaţa Lunii, dacă există seleniţi, dacă petele verzui de pe Marte sînt într-adevăr vegetaţie şi ce sînt de fapt faimoasele canale, toate acestea nu interesau decît într-un grad extrem de mic pe astronomii de profesie.

— Luna ? Un astru mort, fără aer, fără apă şi pe care nu se întîmplă niciodată nimic, deciseseră ei odată pentru totdeauna. Marte ? Tot ceea ce povesteau Schiaparelli, Flammarion, Lowell, Antoniadi şi alţi neprofesionişti, ţinea de domeniul romanului. Nu erau nici canale, nici vegetaţie, nici viaţă de nici un fel. Amatorii erau liberi să-şi lase imaginaţia să zburde, dar aceasta nu avea nici o valoare ştiinţifică.

ASTROFIZICA ÎŞI CEREA LOCUL

La drept vorbind, nici chiar în 1913, mînuitorii de ecuaţii nu erau singurii stăpîni în astronomie. Alături de ei, astrofizicienii cîştigau din ce în ce mai mult teren. În timp ce primii mărturiseau că au ajuns la capătul socotelilor lor şi trăgeau o linie dedesubtul inventarului sistemului solar, ceilalţi vedeau cum de la o zi la alta şuviţa subţirică a cunoştinţelor lor se umfla, se lărgea, devenea rîu, apoi fluviu, mare, ocean. Fiind legat de fizică, domeniul lor creştea odată cu ea şi împingea puţin

cîte puțin în umbră imperiul, și așa cam prăfuit, al astronomiei clasice.

Da, astronomia clasică se mîndrea cu impozantele nume ale unui Poincaré în Franța, Mach în Austria, Newcomb și Brown în Statele Unite, dar geniul acestor oameni nu-i păzea de greșeli de judecată. Poincaré fusese la doi pași de a descoperi principiul relativității, dar i-ar fi trebuit, pentru aceasta să scuture jugul tradiției. El lăsase această îndrăzneală unui tînăr funcționar necunoscut, pe nume Einstein ; Newcomb dovedise în 1906, cu toată seriozitatea posibilă... că aviația era o himeră, așa cum compatriotul său Moulton avea să demonstreze, 30 de ani mai tîrziu, că astronautica era imposibilă... În afara specialității lor, savanții dau cîteodată dovadă de o miopie ciudată. Nu era deci deloc surprinzător că majoritatea marilor personalități ale astronomiei matematice considerau pînă în 1914 că astronomia fizică nu va fi niciodată decît un copil din flori și oarecum degenerat al divinei Urania.

Și totuși, cît de nouă, de vie și de promițătoare părea astronomia fizică pe lîngă veșnica și rutinara astronomie de poziție ! Peste tot începuseră să apară observatoare consacrate acestei noi discipline, și tinerii, nonconformiștii impregnați de fizica nouă, a atomilor, plini de idei originale, se repezeau spre ele.

Această astrofizică se întemeia în cea mai mare parte pe analiza spectrală. Spectroscopia avansase foarte mult. Erau cunoscute diferitele tipuri de spectre ; existau cataloage de linii spectrale, se cunoșteau regulile de care depinde depărtarea dintre ele și legătura lor cu lungimea de undă. Se construiau de pe acum spectrografe puternice, cu

prisme și rețele și aceste instrumente erau de mult ațintite asupra soarelui și a stelelor.

Se cuvine să notăm aici numele unui om, care a jucat un rol de prim rang în știința nouă, atît ca astronom, cît și în calitate de creator de instrumente și fondator de observatoare: cel al americanului Hale, care în 1913 avea 45 de ani, și care întemeiase observatoarele de la Yerkes și de pe muntele Wilson, care inventase, pentru a studia soarele, *turnul solar* și *spectroheliograful*; acesta din urmă a fost inventat în 1892, în același timp cu francezul Deslandres.

Spectroheliograful este un spectrograf cu fantă mobilă, ațintită asupra soarelui. În spectrul pe care îl dă observăm dungi întunecate, care aparțin nu atît globului solar, cît atmosferei care îl înconjoară. Pentru a obține o imagine a acestei atmosfere este deci suficient să îndreptăm un aparat fotografic asupra uneia dintre aceste dungi și să măturăm cu fanta mobilă discul. Cititorul să nu-și facă de altfel iluzii despre acest înșelător „este suficient": el presupune în realitate o răbdătoare muncă de pregătire și totodată o risipă nebună de ingeniozitate.

În 1913 existau în lume numeroase observatoare dotate cu spectroheliografe. Cele mai renumite erau cel al lui Hale la Chicago, cel al lui Deslandres la Meudon și cel al lui Lockyer la Londra.

Lockyer, Deslandres, Hale: această treime de exploratori ai soarelui dinainte de 1914 lua locul echipei de pionieri pe care o alcătuiseră Young, Secchi și Janssen! Era o epocă de „fanatici" ai științei, care lăsau cine știe ce meserie prozaică la chemarea unei vocații irezistibile și care înlocuiau uneori studiile cu intuiția și diplomele cu geniul! Hale, fiu al unui fabricant de ascensoare

hidraulice, fusese sortit întîi unei cariere de mare industriaș ; Deslandres îmbrățișase cariera mareșalului Joffre, trecuse, ca și el, prin Politehnică și devenise căpitan de geniu. Renunțase însă, de la vîrsta de 28 de ani, la orice perspectivă de a-și împodobi vreodată chipiul cu stele, dedicîndu-se studiului unui alt gen de stele la observatorul din Paris. În ceea ce îl privește pe Lockyer, el nu era decît un umil funcționar la ministerul britanic de război, cînd, deodată, la 30 de ani, se simțise atras de analiza spectrală a Soarelui ; ceea ce nu-l împiedicase să manifeste simultan interes pentru arheologia preistorică, să facă critică literară și să scrie un tratat despre golf.

Pe scurt, acestor trei oameni li se datorau, în principal, descifrarea spectrului solar, studiul petelor solare, a structurii lor și a cîmpului lor magnetic, precum și studiul atmosferei astrului, cu protuberanțele ce țîșnesc în ea. În ceea ce privește compoziția Soarelui, fenomenele din interiorul acestuia și originea căldurii lui, este inutil să mai spunem că, din cauza stării infantile a teoriei atomice, savanții erau nevoiți să se limiteze la propria lor imaginație. Așa, de exemplu, de la Helmholtz (1854) încoace se credea că soarele încălzea datorită propriei lui contracții. O scădere de diametru de 76 de metri pe an era suficientă, după cum se credea, pentru a-i întreține radiația actuală.

Cu alte cuvinte, nu se știa mare lucru, dar spectrografia, legată, în privința asta, de fizica atomică, progresa de la o zi la alta și viitorul ei se anunța de pe atunci triumfal.

Suficient de triumfal, chiar, pentru ca savanții să caute să aplice la alți sori ceea ce învățaseră despre al nostru.

Alți sori ? Stelele, desigur.

Pînă atunci, stelele nu-i interesaseră pe astronomi, decît ca repere, ca puncte fixe, care ușurau urmărirea deplasării astrelor mobile. Ei întocmiseră, după cum am spus, hărți și cataloage din ce în ce mai precise ale stelelor. Din 1887, ei lucrau la o hartă fotografică iar, din 1905, olandezul Kapteyn prospecta un lot de arii standard, ici și colo, pe bolta cerească. Astfel de lucrări nu erau prin natura lor mai palpitante decît cele ale lui Bigourdan, dar ele permiteau, în unele cazuri favorabile, să se calculeze *paralaxa* stelelor, adică, altfel spus, distanța pînă la ele.

Determinarea unei paralaxe stelare era pe vremea aceea un tur de forță de a cărui valoare ne vom putea da seama îndată. Ea se obține prin măsurarea unghiului sub care s-ar vedea distanța Pămînt-Soare de pe acea stea. Amintim că această distanță este de 149 500 000 km și că, de pe Pluton — planeta cea mai îndepărtată — ea s-ar zări sub un unghi de 1°30′ (diametrul aparent al unei monede de un franc văzută de la 90 cm). Or, de pe steaua cea mai apropiată, Alfa Centauri, acest unghi s-ar reduce la 0,76″, ceea ce înseamnă că moneda ar trebui să fie îndepărtată la 6 240 m.

Cititorul cel mai puțin versat în trigonometrie își va da seama de micimea extraordinară a unui astfel de unghi și va aprecia, totodată, la justa ei valoare, performanța pe care o reprezenta măsurarea lui de către astronomie. Performanță cu atît mai meritorie, cu cît această paralaxă de

0,76″ era cea a stelei celei mai apropiate, și cu cît, în 1913, se evaluaseră paralaxe de cinci ori mai mici. Erau cunoscute chiar vreo sută de astfel de „paralaxe trigonometrice", dintre care, cele mai mici corespundeau unor depărtări de vreo cincizeci de ani-lumină.

Dar și aceasta era o treabă de matematician, și astrofizicienii ardeau de nerăbdare să le vină și lor rîndul.

— Aceste stele pe care dumneavoastră le tratați ca pe niște simple puncte, aruncau ei confraților, sînt totuși sori ; nu ne ajunge să știm doar la ce distanță se află și pe ce coordonate ! Noi vrem să știm cum sînt făcute, dacă seamănă cu soarele nostru, dacă sînt mai calde sau mai reci, pentru ce unele sînt albastre, altele galbene și altele roșii !

Păi, va răspunde cititorul, de ce nu îndreptau asupra lor spectrografele !

Tocmai aici, în acest punct al istoriei și la această dată avea să se despartă astronomia clasică de astrofizică. Prima se mulțumise din totdeauna cu un material destul de simplu, principalul ei instrument fiind luneta meridiană ; în schimb, așa cum am explicat și la pag. 23, nevoită să etaleze într-un spectru palida licărire a unei stele, cea de a doua cerea un instrument cu o deschidere mult mai mare și, în consecință, mult mai costisitor.

E adevărat că în acest prim deceniu al secolului existau cele cîteva lunete uriașe, enumerate de noi mai sus, dar, dacă ele se potriveau de minune pentru măsurători de stele duble sau pentru desenarea suprafețelor planetare, pentru lucrările din ce în ce mai delicate ale spectroscopiștilor ele se potriveau din ce în ce mai puțin. Să nu uităm că obiectivul unei lunete astronomice se com-

pune din două lentile alăturate, una de *flint-glass*, cealaltă de *crown-glass* și că infima șuviță de lumină stelară își pierde prin străbaterea acestei duble grosimi de sticlă o fracțiune deloc neglijabilă din intensitate. Ba, mai pierde încă ceva: puritatea fizică integrală, pe care caracteristicile sticlei nu pot să n-o altereze la trecere.

Iată de ce astrofizicienii foloseau cît mai puțin lunetele, fie ele și uriașe, și cereau cu multă vehemență telescoape. În acest caz lumina astrală nu mai avea de străbătut grosimea sticlei și ajungea la spectrograf în toată puritatea ei![1] Veche de trei secole, tradiția lunetelor era însă greu de zdruncinat și construcția telescoapelor punea o serie de probleme noi, care nu-i prea încîntau pe fabricanți. Trecuseră abia cinci ani de la nașterea primului mare telescop modern, care-i înlocuise pe venerabilii monștri ai lordului Rosse și ai lui Lassell: este vorba de telescopul comandat lui Ritchey de către Hale pentru noul observator de pe muntele Wilson din California.

Ritchey, fost desenator profesionist, părăsise planșeta pentru a se dedica vocației de optician amator. Nu încape îndoială că devenise cineva în acest domeniu, din moment ce lui i s-a adresat în 1900 Hale cînd a dorit să-și înzestreze observatorul cu un telescop de 1,52 m.

Instrumentul a fost pus în funcțiune în 1908 și această minune depășea cu mult toate producțiile anterioare. Împreună cu celălalt uriaș pe care Ritchey tocmai îl construia, acest telescop avea să facă din muntele Wilson capitala mondială

[1] Obiectivul este înlocuit cu o oglindă concavă, care nu face decît să reflecteze imaginea astrului spre ocular (n.a.).

a astrofizicii stelare, și chiar galactice, ba chiar extragalactice.

Dar, să nu anticipăm. La vremea la care frumoasa cupolă albă se deschidea pentru prima oară în fața instrumentului lui Ritchey, spectroscopia stelelor se pusese de mult pe treabă — cu lunete, desigur. Iezuitul italian Secchi și englezul Huggins făcuseră observații asupra spectrului celor mai strălucitoare stele. Ei căutaseră să identifice principalele dungi spectrale ale acestora cu cele ale unor elemente cunoscute. Huggins reușise chiar să le fotografieze și să descopere în ele un efect Doppler—Fizeau [1]. Așa descoperise de altfel americanul E. C. Pickering „stelele duble spectroscopice", adică stelele în jurul cărora se învîrte cîte un însoțitor nevăzut.

Lucrarea cea mai remarcabilă din această preistorie a fizicii stelare fusese clasificarea spectrală publicată în 1868 de Secchi. Acest savant repartizase stelele în patru clase, după elementele revelate de spectrul lor și observase că fiecare clasă poate fi caracterizată și prin culoarea ei: există stele albe sau albastre (ca Sirius sau Vega), al căror spectru prezintă mai ales liniile hidrogenului; stele galbene (cum sînt Capella sau Arcturus), cu spectrul striat de liniile subțiri de origine metalică; stele de un roșu portocaliu (Antarès, Bételgeuse) cu linii metalice din ce în ce mai pronunțate; și stele de un roșu-rubiniu, al căruia spectru nu mai prezintă linii, ci benzi, datorate de data aceasta carbonului.

Oricît de ingenioasă era această clasificare, se înțelege de la sine că ea a mai fost perfecționată

[1] Amintim că *efectul Doppler-Fizeau* constă într-un decalaj al dungilor spectrale care exprimă apropierea sau depărtarea stelei (n.a.).

din 1868 încoace! Perfecționarea ei a fost întreprinsă încă din 1885 de către E. C. Pickering la observatorul american de la Harvard College. Acesta îmbunătățise în primul rînd modul de captare al spectrelor: în loc să le fotografieze cîte unul, pe rînd, el așezase prisma în așa fel încît să poată capta mai multe spectre deodată; același montaj în formă de prismă-obiectiv a fost aplicat, în 1907, de astronomul francez Fernand Baldet, la spectrografia cometelor. Apoi, pentru a inventaria și tria miile de documente astfel adunate, Pickering angajase o întreagă armată de fete. Lăudată fie această imixtiune feminină în astrofizică! Lor le datorăm cîteva dintre descoperirile cele mai fecunde ale științei contemporane! În 1913, fetele ajunseseră domnișoare bătrîne, Miss Leavitt avea 45 de ani, Miss Maury 47, iar Miss Cannon 50, dar ele redactaseră, sub conducerea lui Pickering, acel *Henry Draper Catalogue* în care erau cuprinse 225 000 de spectre stelare. Acestea erau distribuite aici nu în patru clase, ca pe vremea lui Secchi, ci în șase, și înșiruirea lor depindea de temperatura stelelor respective.

Astrofizica făcea astfel în acel an primele sale cuceriri în lumea siderală.

„CAPĂTUL" CERULUI ÎN 1913

E însă timpul să răspundem acum unei întrebări pe care cititorul și-o pune încă de la pagina 20 și anume, cea care făcea obiectul anchetei din 1913 și pe care noi am pus-o la rîndul nostru: ce idee își făcea, în acea epocă, lumea despre univers? Se presupunea oare că universul ar avea

o graniță, un „capăt" ? Și, în cazul unui răspuns afirmativ, ce se credea că ar fi dincolo ?

Universul îl formau stelele. Or, astronomii constataseră de mult prin ocularul lunetelor lor : cu cît imaginea se mărește, cu atît se văd mai multe stele ; ei observaseră totuși că, la dimensiunile maxime ale imaginii, nu vedeau atîtea stele cîte s-ar fi așteptat să vadă. Începînd de la mărimea a zecea, numărul lor creștea din ce în ce mai încet. Un lucru devenea evident, deci : numărul stelelor nu este infinit ; el este limitat ; universul nu este format dintr-un ocean nesfîrșit de astre : el reprezintă o îngrămădire colosală, dar mărginită.

Odată concluzia adoptată, se punea problema să se afle cum erau așezate stelele. În rînduri cîte patru ? În linie dreaptă ? În sferă ? În spirală ?

Nu încăpea îndoială că, în repartizarea stelelor, Calea Laptelui trebuia să joace un rol esențial. Toată lumea a văzut dîra albicioasă care încinge cerul de la un capăt la celălalt în nopțile frumoase și limpezi. Avînd în vedere că pe măsură ce ochiul se apropie de această dîră stelele devin din ce în ce mai dese, observatorul cel mai puțin perspicace va deduce de aici că este vorba, în realitate, de o masă de stele prea densă pentru ca să le putem distinge în mod individual. Totul se petrece ca și cum ne-am găsi în interiorul unui sistem stelar de forma unui disc sau a unei roți. Cînd privim spre marginile discului aflîndu-ne în centrul lui — privirea noastră are de străbătut întreaga masă și astrele formează un fel de panglică compactă ; cînd ridicăm însă ochii spre una dintre suprafețele discului ele sînt din ce în ce mai rare.

Acest gen de disc stelar, care ni se arată de pe Pămînt, sub chipul Căii Lactee, a fost numit *Galaxie*. Cum Galaxia cuprindea toate stelele, ea

reprezenta întreg universul. Stelele cele mai palide care se vedeau prin telescop indicau deci „capătul" cosmosului. Şi dincolo ? Dincolo nu era nimic altceva decît vidul.

Aceasta era opinia curentă în 1913. Lumea astronomică era, pe scurt, „galactocentrică" — ceea ce era desigur un progres faţă de heliocentrismul de ieri şi geocentrismul de alaltăieri.

E drept că spiritele răutăcioase ar fi putut obiecta :

— Ce vă faceţi cu nebuloasele, cu petele acelea, albicioase şi ele, care se văd ici şi colo pe cer — Norii lui Magellan, nebuloasele din Andromeda şi Orion şi atîtea altele ? N-or fi cumva şi ele, ca şi Calea Lactee, nişte aglomerări de stele prea dense pentru a putea fi distinse separat ? Sau, poate chiar nişte „universuri-insule" exterioare Galaxiei noastre, aşa cum susţinea marele Herschel ?

— Pură fantezie ! — afirmau, aproape în unanimitate, astronomii. În afară de cîteva nebuloase, concentrate, de altfel, în vecinătatea Căii Lactee, ceea ce dovedeşte apartenenţa lor la sistemul nostru — toate celelalte nu sînt decît nişte imense îngrămădiri de gaze, aşa cum ne arată spectroscopul.

Rămînea de aflat care puteau fi dimensiunile Galaxiei — cu alte cuvinte, la ce distanţă puteau fi situate limitele universului. Era greu de răspuns la această întrebare atîta vreme cît stelele mai îndepărtate se aflau la distanţe mult prea mari pentru ca să le putem calcula paralaxa. Totuşi, Soarele aflîndu-se, după unii, destul de departe de centrul Galaxiei s-ar fi putut întîmpla ca una dintre marginile căutate să se găsească la numai

cîteva mii de ani-lumină, în timp ce, în alte direcții, să trebuiască să vorbim de zeci sau, poate cine știe ? de sute de mii de ani-lumină. Nu situau oare unii nebuloasa din Andromeda la 19 ani-lumină ?

TOTUȘI, ICI ȘI COLO, ÎNCOLȚEA ASTRONOMIA VIITORULUI

Aceasta era ideea pe care și-o făceau despre univers oamenii de știință în anul de grație 1913. Universul ? O simplă și unică aglomerare de astre, după care, o dată depășite ultimele stele, nu mai era decît vidul. Nu-și spărgea nimeni capul să afle ce putea fi acest vid, nici spațiul fără materie, și nici dacă acest spațiu însuși se întindea la infinit. Un singur om pe lume părea preocupat de această chestiune : un profesor la Școala Politehnică din Zürich, pe nume Einstein, celebru de pe atunci printre specialiștii în fizică matematică. Nu prezentase el la congresul fizicienilor germani, care tocmai se ținuse la Viena, niște idei despre gravitație, mult mai amețitoare chiar decît cele conținute în faimosul lui memoriu din 1905 asupra relativității restrînse ? Totuși, pe toată întinderea pămîntului nu erau poate nici 500 de persoane care să fi auzit de numele lui Einstein.

Dar cîți astronomi auziseră oare despre Eddington, Jeans, Russell, Kapteyn, Emden, Schwarzschild, sau chiar Hale ? După cum am văzut și în cazul Franței, astronomia oficială era reprezentată de matematicieni ca Poincaré sau Newcomb, de teoreticieni ca olandezul Easton sau germanul Seeliger, de observatori la micrometru ca E.C.Pickering

sau Bigourdan, de pionieri ai spectroscopiei ca Deslandres, Hale sau W. Campbell. Aceştia din urmă simţeau ei, ce-i drept, că astrofizica reprezenta viitorul, dar cum ar fi putut merge înainte dacă le lipsea baza ? Baza : adică, teoria atomică, ce se afla încă în faza copilăriei.

Cu toate acestea, de trei ani, Ritchey lucra în tăcere, în atelierele sale de optică de la Pasadena, la şlefuirea uriaşei lui oglinzi de telescop, de 2,54 m, a cărei sticlă îi fusese livrată în 1906 de firma franceză „Saint-Gobain". În acelaşi timp, şi tot atît de discret, Miss Henrietta Leavitt, una dintre domnişoarele bătrîne din armata lui Pickering, descoperea la Harvard nişte stele variabile ciudate — *sefeidele* — a căror strălucire depindea de perioadă. La aceeaşi epocă H. N. Russell, noul director al observatorului din Princeton (Statele Unite), trasa o diagramă pe care apărea în mod evident corelaţia dintre luminozitatea unei stele şi clasa ei spectrală. Tot la aceeaşi epocă, la observatorul din Lund, suedezul Charlier punea bazele statisticii stelare, iar la cel din München, Seeliger, atrăgea atenţia asupra existenţei prafului cosmic.

În sfîrşit, în 1913, ziarul rusesc *Noutăţi în navigaţia aeriană* publica sub semnătura lui Ţiolkovski o serie de articole intitulate *Explorarea spaţiului interplanetar cu ajutorul vehiculelor cu reacţie* în timp ce la Paris lumea mai pufnea în rîs amintindu-şi de tupeul unui tînăr inginer pe nume Esnault-Pelterie care, cu multe precauţii oratorice, pretinsese cu un an mai devreme, mai precis în 15 noiembrie 1912, că poate vorbi ştiinţific despre una din balivernele lui Jules Verne, astronautica...

După cum vedem, în materie de astronomie, „capătul" ştiinţei nu era departe, dar în materie de fizică, el era şi mai aproape. Căci, după ce am examinat ceea ce, după părerea savanţilor din 1913, reprezenta limita universului în direcţia infinitului mare, trebuie să ne întoarcem acum spre simetricul acestuia, adică spre linia la care se oprea progresul ştiinţei în domeniul infinitului mic. Această linie era, şi ea, din nefericire, foarte apropiată.

Infinitul mic ? Bineînţeles, cel pe care îl avem mereu la îndemînă, adică cel care se ascunde în străfundurile materiei. Această problemă trebuie să vă fi intrigat de multe ori, scumpe cititor, din moment ce aţi cumpărat această carte ! De cîte ori nu vă veţi fi spus : „Materia asta, pe care o văd, pe care o ating — lemn, hîrtie, nisip... — pot s-o strivesc, s-o pisez, s-o transform într-un praf impalpabil, iar industria posedă maşini capabile să fărămiţeze pînă şi acest praf, să facă din el grăunţe din ce în ce mai fine. Pînă unde se poate merge aşa ? Se ajunge oare la nişte unităţi ultramicroscopice, atît de mici încît mai mici să nu se poată — sau pe scurt la acei faimoşi *atomi*, botezaţi aşa de antici, pentru că în greceşte a-tom înseamnă indivizibil ? Şi cum ar arăta aceşti atomi ?"

Astăzi, primul venit, care n-a citit decît ziarele, se simte tobă de cunoştinţe pe această temă. E de ajuns ca energia atomică să revină pe primul plan al actualităţii pentru ca domnul Ixulescu sau Cutărescu să se simtă familiarizat cu protonii şi neutronii.

După cum vă închipuiți și dumneavoastră, lucrurile nu sînt chiar atît de simple — și în orice caz nu atît de simple cum păreau acum 50 de ani. Iar ceea ce am putea considera, în zilele noastre, ca fiind „capătul" științei în această direcție, nu seamănă deloc cu ceea ce își închipuiau oamenii pe vremea domnului Bigourdan. Vă veți convinge de aceasta dacă veți avea amabilitatea să mă însoțiți la Bruxelles unde, sub umbrarele parcului Leopold, se deschidea în ziua de 27 octombrie 1913, la Institutul de fiziologie Solvay, cel de al doilea Consiliu de fizică Solvay. Tema discuțiilor părea aleasă special pentru noi : Structura materiei.

UN CONGRES AL FIZICIENILOR ÎN 1913

Faptul că sub domnia lui Leopold al Belgiei, tînărul chimist Ernest Solvay a căutat un procedeu de fabricație al sodei mai rentabil decît vechiul procedeu Leblanc și că, făcînd excepție de la tradiția inovatorilor ghinioniști, a reușit ; faptul că a cîștigat cu aceasta o avere enormă, și că, făcînd excepție de la o altă tradiție, a consacrat această avere creării de institute științifice și unor opere filantropice, dovedesc că poveștile cu inventatori nu se termină totdeauna rău și că se mai întîmplă ca „cei buni" să fie pînă la urmă răsplătiți ca în romanele moralizatoare !

Pe scurt, în 1913, la vîrsta de 75 de ani, Solvay era unul dintre magnații industriei belgiene, și totodată, un Mecena generos și luminat pentru știință. Fundațiile lui erau nenumărate, și Academia de Științe din Paris îi decernase chiar în acel an, în septembrie, și medalia de aur Lavoisier,

şi medalia specială Leblanc. Solvay răspunsese la aceasta donînd 500 000 de franci Universităţii din Paris şi tot atît celei din Nancy, renumită pentru şcoala ei de chimie. Era un om de bună-credinţă, materialist şi agnostic, căruia îi plăcea să citeze aceste versuri dedicate omului :

Ca un foc ce tot înghite,
Mintea ta veşnic mai iute
Va cuprinde nesfîrşitul, imensitatea
Iar puterea ce ţi-o dă
Limită şi măsură va avea
Veşnicia doar şi spaţiul.

Solvay fusese acela care la sugestia prietenului său, fizicianul german Nernst, hotărîse să reunească periodic pe cei mai mari fizicieni ai Europei pentru a discuta despre probleme fundamentale. Primul dintre aceste „consilii Solvay" avusese loc în 1911 ; cel de-al doilea urma să se deschidă şi trebuie să spunem că următoarele aveau să se mai ţină multă vreme după moartea întemeietorului lor, ce survenise în 1928.

În acel 27 octombrie 1913 puteau fi văzuţi sosind doamna Curie, Nernst, Einstein, Rutherford, Langevin, J. J. Thomson, Jeans, Marcel Brillouin, Maurice de Broglie, Bragg, von Laue, Kamerlingh Onnes, Sommerfeld, Wien şi alţii. Preşedinte era fizicianul olandez Lorentz, care-şi purta cei 60 de ani ca un tinerel. Dacă am dori să găsim un savant care să caracterizeze fizica epocii, aşa cum l-am găsit mai înainte pe Bigourdan pentru astronomie, n-am putea găsi altul mai potrivit ca acest mare bărbat. Întocmai ca Bigourdan, Lorentz urmase o carieră rectilinie, ordonată, liniştită şi fără incidente ; el se remarcase însă mai mult decît astrono-

mul francez, prin lucrări strălucite, care prevesteau viitoarele revoluții științifice.

Pînă cu un an în urmă Lorentz predase fizica teoretică la ilustra universitate din Leyda. Adjectivul „teoretic" nu era aplicabil, de altfel, decît obiectului cursurilor sale, căci profesorul însuși nu știa să se amestece în lucrurile cele mai materiale : nu întocmise el oare un plan cît se poate de ingenios pentru asanarea Zuyderzée-ului, permițînd astfel guvernului olandez să economisească vreo 15 milioane de florini ? Ca și cea mai mare parte a savanților din vremea lui, el poseda o vastă cultură, vorbea cu aceeași ușurință olandeza, germana, engleza și franceza. Iar dacă citea cu oarecare eclectism cărți foarte variate, trecînd cu ușurință de la Macaulay la Goethe, sau de la Dickens la Schiller, nu ascundea o oarecare predilecție pentru Voltaire... și Erckmann-Chatrian. Pentru a-și perfecționa cunoștințele de franceză mergea pînă într-acolo încît frecventa cu regularitate biserica franceză din oraș ! Se întorsese de numai cîteva luni de la Paris, unde ținuse la Colegiul Franței o serie de conferințe asupra „teoriilor statistice în termodinamică".

Dar, ca să revenim la congresul Solvay, Lorentz tocmai își luase în primire fotoliul prezidențial și începuseră felicitările. Participanții trebuiau să țină ședință pînă la 31 octombrie. Gazda îi scutea de orice cheltuieli și le acorda în plus fiecăruia cîte o indemnizație de o mie de franci. Într-o sală învecinată, în care erau așezate mese, se servea un prînz rece, și Lorentz circula de la una la cealaltă continuîndu-și rolul de animator și activînd conversația.

Care era subiectul discuțiilor ? Structura materiei, am scris noi adineauri. 1913 ! Anul ni se pare atît de îndepărtat, încît sîntem tentați să-l confundăm cu epoca lui J.-B. Dumas sau Berthelot, care nu credeau în atomi. Dar, nu, secolul al XIX-lea, mecanicist și scientist atît în fizică cît și în astronomie, era mort și îngropat de mult. Și, dacă în primii ani ai secolului al XX-lea lumea își mai închipuia atomii ca pe niște biluțe compacte și indivizibile, tabloul era acum pe cale să se schimbe radical.

Dar, pentru ca cititorul să poată înțelege concepția la care se ajunsese în momentul celui de al doilea consiliu Solvay, pentru a-i permite să-și închipuie ce se înțelegea atunci prin „capătul" științei, cel mai bine ar fi, poate, să-i spunem pe scurt povestea acestei concepții. Nimic nu cunoaștem mai bine decît ceea ce a crescut sub ochii noștri și nu ne va fi de loc greu să-i urmărim pe exploratorii atomului pînă la avanposturile lor din 1913, dacă vom porni de la însăși geneza acțiunii lor.

Putem fixa această geneză în anul 1897, cînd J. J. Thomson a descoperit fenomenul care se petrece într-un tub de televiziune.

Ceea ce numim noi astăzi tub de televiziune, adică un balon mare, golit de aer, al cărui fund constituie ecranul aparatului, se numea, pe vremea aceea, tubul lui Crookes, dar modul de funcționare era același. Obiectul numit astfel era un balon de sticlă în care se făcuse vid și în care se aflau doi electrozi. Pe întuneric se vedea la trecerea curentului cum de la electrodul negativ, catodul, pornea

o rază care picta pe fundul balonului o pată fluorescentă. În ce consta această rază, zisă *catodică* ?

— Din moment ce ea este deviată de un cîmp magnetic, răspundeau fizicienii englezi, înseamnă că această rază constă dintr-un fascicul de molecule sau de atomi electrizaţi.

— Nicidecum, replicau savanţii germani, sînt nişte simple unde electromagnetice, ca cele ale luminii.

— N-aveţi dreptate nici unii nici ceilalţi, tranşă J.J. Thomson, în 1897. Nu este vorba de corpuscule materiale sau de unde, ci de grăunţe de electricitate mult mai mici decît cel mai mic atom. Thomson descoperise electronul.

J. J. Thomson era profesorul de fizică experimentală al Laboratorului Cavendish, de la Universitatea din Cambridge. Succesor al lui Clerk Maxwell şi al lui Rayleigh, el fusese numit în acest post important la vîrsta de 28 de ani. Cinci ani mai tîrziu se căsătorise cu una dintre studentele lui care aprofunda un subiect pasionant : acţiunea undelor sonore asupra baloanelor de săpun... În ciuda titlului catedrei sale, J.J., cum i se spunea familiar, era departe de a fi un experimentator ; era chiar de o neîndemînare de necrezut şi un om de rînd l-ar fi găsit anormal de stîngaci cu aerul lui aiurit şi cu obiceiul de a se scărpina crunt în cap cînd gîndea. Personalul laboratorului său ştia însă cît geniu se ascunde sub această aparenţă prea puţin atrăgătoare.

În realitate, J.J. nu-şi avea pereche dacă era vorba să inventeze vreun aparat nou, să-şi închipuie funcţionarea lui înaintea oricărui început de realizare şi să indice ce era de făcut pentru ca aparatul să facă exact ceea ce se aştepta de la el. Agilitatea spiritului său îi făcea pe asistenţii lui

să se aştepte la orice ; se obişnuia să se spună că în acest templu al fizicii transcendente se consuma exagerat de multă sfoară şi ceară de sigiliu.

Data cheie în cariera lui Thomson a fost cea de 30 aprilie 1897 : ziua cînd a prezentat la Royal Institution din Londra rezultatele experienţelor sale. Reieşea din ele că atomii nu erau cele mai mici părţi de materie imaginabile ; cele pe care le radia catodul în tubul lui Crookes erau şi mai mărunte şi, Jean Perrin tocmai demonstrase în Franţa, în mod experimental, că acestea constau în particule de electricitate negativă pură.

Această descoperire avea o importanţă ştiinţifică şi filozofică fundamentală. Revelînd că în natură există ceva mai mic decît atomul, descoperirea aceasta dădea prin ea însăşi un impuls spre infinitul mic. Pînă atunci, atomul — despre existenţa căruia nu se obţinuse de altfel nici o probă experimentală — marcase progresul extrem al fizicii ; or, iată că această etapă era depăşită, iar electronul, scos la lumină de J.J. Thomson şi Perrin, punea jaloanele unui nou front de atac. Faptul că atomul nu era cea mai mică particulă a materiei îi făcea pe savanţi să presupună că era poate el însuşi făcut din electroni şi că, în consecinţă, nu era nici omogen, nici indivizibil.

Doborîrea vechii tradiţii atomice, întreţinută de la Epicur şi Lucreţiu, şi situarea probabilă a electronului „la capătul" ştiinţei au făcut mare vîlvă. Acest corpuscul avea să înlocuiască de acum înainte atomul în toate teoriile care făceau apel la ultima particulă constitutivă a universului. Mai mult, din moment ce electronul nu era decît un grăunte imaterial de electricitate, trebuia trasă concluzia că nici electricitatea nu era, la rîndul ei, decît o circulaţie de electroni. Adio tezei marelui

Maxwell, pentru care electricitatea era „un fluid" continuu care curgea ca și apa ! Cîte remanieri și răsturnări în perspectivă !

De aceste remanieri s-a ocupat Lorentz. El a înlocuit fluidul lui Maxwell prin curenți sau cîmpuri de electroni, explicînd astfel diferitele fenomene electrice, magnetice și luminoase, și a reușit chiar să prevadă noi fenomene de acest gen.

La vremea cînd Lorentz punea punctul final al acestei concepții despre „un univers de electroni", dacă ne putem exprima astfel, aceștia din urmă păreau niște personaje cam ciudate. Dădeau impresia pe care o dă astăzi o defilare de avioane în noapte : auzim avioanele, zgomotul lor umple cerul, dar nu le vedem și nu știm nimic despre ele : nici cîte sînt, nici de ce tip și nici cu ce viteză zboară. Electronii erau și ei niște personaje aproape mitice ; tubul lui Crookes permitea observarea trecerii lor, dar despre identitatea lor individuală nu se știa nimic. Luminarea acestui mister fu considerată urgentă, și strădaniile fizicienilor se îndreptară în deceniul următor în acest sens.

Primul lucru care s-a aflat a fost masa electronului : s-a calculat că era de 1836 de ori mai mică decît cea a celui mai mic atom, cel al hidrogenului. A fost apoi determinată încărcătura lui electrică ; cifra definitivă a încununat căutarea răbdătoare și continuă din 1909 pînă în 1917 a fizicianului american Millikan. Nu vom cita aici această cifră : micimea ei ar face-o complet de neînțeles și lipsită de interes ; dar vom căuta să vă dăm o idee despre ea spunînd că, un curent electric nefiind altceva decît o scurgere de electroni, este necesară curgerea a 6 000 de miliarde de electroni pe secundă pentru a obține un curent de un microamper.

Dar ne-am lăsat duşi înainte pînă la sfîrşitul primului deceniu al secolului al XX-lea şi trebuie să facem cale întoarsă pentru a observa un alt aspect al acestei curse către infinitul mic.

Mai precis trebuie să ne întoarcem în anul 1896 cînd descoperirea radioactivităţii de către Henri Becquerel a devenit publică şi cînd el şi cu Marie Curie au decis să se dedice acestui studiu. Noul fenomen putea fi descris, pe scurt, astfel : o materie se transformă progresiv într-o altă materie ; radioelementul se transformă pe etape într-un corp inert cum e plumbul, degajînd heliu... şi electroni. Radioelementul fiind un corp simplu, nu putea fi vorba, în mod evident, de o banală reacţie chimică ; trebuia să se fi descompus elementul însuşi ; trebuia să ni-i imaginăm pe atomii acestui element dislocîndu-se pentru a deveni atomi de plumb, atomi de heliu şi electroni. Era confirmarea lucrului pe care lumea îl descoperea odată cu J.J. Thomson : atomul nu era unitatea ultimă a naturii şi nu era indivizibil ; el putea fi împărţit în mai multe bucăţi, care reprezentau tot atîţia atomi noi. Cît de departe, în urmă, rămăsese mica bilă veşnică şi omogenă de pe vremuri ! Era normal să se pună întrebarea : cum trebuie să arate un atom pentru a adăposti fenomene atît de neprevăzute ?

Să nu uităm că un atom măsoară, în mare, 1/10 000 000 de milimetri şi că, în grosimea acestei virgule, "," încap vreo 10 000 000 de atomi. Cu alte cuvinte, cît de infim este el şi cît de scuzabilă este mirarea profanului faţă de îndrăzneala savanţilor care încearcă să schiţeze un plan de interior al unui atom.

Şi totuşi, acest lucru a fost întreprins cu succes, în 1911, de profesorul Ernest Rutherford, unul dintre marele genii ale acestui secol, care a ocupat o catedră de fizică la Universitatea din Manchester.

Rutherford era un om de vreo 40 de ani, un spirit de o vastă cultură şi de o imensă curiozitate. Era totodată un „şef" de o vitalitate exuberantă, căruia îi plăcea să fie înconjurat de tineri ; răspundea la entuziasmul lor şi discuta cu ei, vociferînd.

Astfel, într-o zi din 1911, Rutherford stătea de vorbă cu doi dintre elevii săi, Geiger — viitorul inventator al faimosului detector — şi Marsden. Experienţa în curs consta în observarea jetului de atomi de heliu care emana dintr-un radioelement, şi discuţia se referea la viteza mare a acestui jet. Într-adevăr, acesta era abia deviat de la traiectoria lui atunci cînd era pus să străbată un gaz sau chiar o foiţă subţire de metal. Rutherford se adresă lui Marsden : „Aţi încercat să reflectaţi acest jet pe o placă metalică ?" Nu, Marsden nu încercase, dar pregăti de îndată experienţa, împreună cu Geiger.

Avînd în vedere că placa metalică era groasă de o zecime de milimetru aproximativ, şi că, pentru a o străbate, jetul trebuia să-şi croiască drum printr-un perete gros de 100 000 de atomi, părea evident, la prima vedere, că majoritatea proiectilelor de heliu vor sări înapoi şi că doar foarte puţine vor reuşi să treacă.

Or, spre marea surpriză a lui Marsden şi apoi a lui Rutherford, jetul trecu aproape în întregime, fără dificultăţi.

Ce însemna aceasta ? Raţionamentul cel mai simplu era cel mai bun. Cel pe care îl făcu Rutherford trebuie să fi sunat cam aşa : „Dacă proiectilele mele de heliu au trecut nestingherite prin zid, în-

seamnă că n-au întîlnit aproape nici un obstacol în calea lor. Înseamnă deci că în ciuda aparenţelor, placa mea metalică cuprinde multe spaţii goale. Avînd în vedere că ea conţine totuşi aproximativ 100 000 de atomi în grosimea ei, trebuie să conchid că aceşti atomi sînt găunoşi sau, în orice caz, făcuţi din foarte puţină materie şi foarte mult vid."

După o lungă şi profundă reflecţie şi o mulţime de experienţe, Rutherford ajunse să deseneze schema clasică pe care lumea savantă avea să se bazeze atîţia ani : atomul — sistem solar. *„Un atom este, înainte de toate, o părticică de materie,* declară el în esenţă ; *vom reprezenta această particulă printr-un* nucleu, *omogen şi indisecabil ca şi vechiul atom ; şi fiindcă faptele ne obligă să nu uităm că atomul conţine şi electroni, îi vom aşeza în jurul nucleului, învîrtindu-se ca planetele în jurul Soarelui. În sfîrşit, pentru a echilibra încărcătura negativă a acestor electroni, vom presupune că nucleul este înzestrat cu o încărcătură pozitivă egală."*

Nu putem decît să admirăm logica impecabilă a acestui raţionament, pe care experienţa avea să-l confirme cu o rigoare impresionantă ! Avînd în vedere că atomul cel mai uşor este cel al hidrogenului, părea normal ca el să fie şi cel mai simplu. De aceea, Rutherford îl descrise ca pe un nucleu escortat de un singur electron. Atomul cel mai uşor, după hidrogen, fiind cel al heliului şi experienţa atribuind nucleului acestuia o încărcătură dublă, trebuia să ni-l închipuim compus din două nuclee de hidrogen însoţite de doi electroni planetari şi aşa mai departe. Aceasta însemna că nucleul atomului de hidrogen putea fi luat, dacă se poate spune aşa, drept „unitate de nucleu". Rutherford l-a numit *proton*. El şi-a încheiat lucrarea în 1912, arătînd că atomii celor 92 de corpuri

simple erau construiți cu toții cu ajutorul a numai două particule : protonul și electronul.

Succesiunea celor 92 de elemente, de la cel mai ușor la cel mai greu (uraniul), căpăta astfel o explicație logică. Atomul primului conținea un nucleu format dintr-un singur proton ; atomul celui din urmă — un nucleu din 92 de protoni, înconjurat de 92 de electroni planetari. În ofensiva lor către infinitul mic, fizicienii făcuseră un salt considerabil ; particulele ultime erau electronul și protonul, iar atomul devenea un mecanism complex în fața căruia Leucip și Democrit ar fi fost cuprinși de rușine.

SCANDALUL CUANTELOR

Grație lui Rutherford, iată-ne din nou în acei ani 1911—1913, în care am văzut întrunindu-se, adineaori, primele două consilii Solvay. Bineînțeles că între aceste două categorii de evenimente nu există nici o legătură. Consiliile Solvay ofereau fizicienilor o excelentă ocazie de a face cunoștință și de a schimba opinii, dar nimănui nu-i trecea prin minte să aștepte de la ele descoperiri sau revelații. Opera lui Rutherford era incomparabil mai importantă, căci, așa cum declarase Lorentz la deschiderea congresului din 1911, progresul în știință „se *obține mai degrabă prin eforturi individuale, decît prin deliberări în congrese sau în consilii*". El adăugase, de altfel, cu un fel de presimțire, că „...*e foarte posibil ca, exact în timp ce noi discutăm o problemă, vreun gînditor, izolat, în cine știe ce colț neștiut al lumii, să-i găsească soluția*". Cine și-ar fi putut închipui cîtă dreptate avea Lorentz ? Și cine ar fi îndrăznit să presupună că, exact în

timpul în care aceste somități ale științei stăteau de vorbă, un student modest, de 26 de ani, pe care, desigur, nu se gîndise nimeni să-l invite la Bruxelles, descifra secretul atomului.

— Cum ? va exclama poate cititorul, secretul atomului ? Dar ce secret mai ascundea atomul, din moment ce Rutherford îi dezvăluise arhitectura internă ?

Da, desigur, Rutherford schițase, cu o mînă de maestru, desenul acestui superb mecanism, cu nucleu de protoni, cu electroni planetari, cu încărcături electrice judicios echilibrate... Se observase însă foarte curînd că minunatul mecanism nu funcționa !...

Dar care este, la urma urmei, funcțiunea atomului ? Să formeze materie, veți răspunde. Bineînțeles, dar, chiar în sînul materiei, atomul mai are o funcție. Se întîmplă foarte rar ca materia să fie inertă ; ea este supusă unei anumite temperaturi și emite anumite radiații ; chiar și masa, sau stiloul meu radiază, din moment ce la 10, 15 sau 20 de grade ele degajă raze infraroșii invizibile. Oricum ar fi, atomii sînt aceia care dau materiei temperatura, lumina, încărcătura electrică etc. Cum fac ei acest lucru ?

— Foarte simplu, au răspuns fizicienii, cînd au adoptat în unanimitate modelul rutherfordian, radiația electromagnetică a unui atom este generată de revoluția electronilor săi în jurul nucleului.

Aici, nimic de spus : nu era decît teoria electromagnetică a lui Lorentz. Din nefericire, tot învîrtindu-se și consumîndu-și energia în radiații, electronii trebuiau inevitabil să cadă peste nucleu... și apoi, din moment ce revoluția lor era la fel de continuă și regulată ca cea a planetelor, radiația lor trebuia să fie la rîndul ei continuă și regulată ;

cu alte cuvinte, așa cum scria Maurice de Broglie, *„la temperatură obișnuită, un metal bun conducător ar trebui să fie luminos în întuneric"* ! Aceste două concluzii absurde au arătat că, încrezîndu-se orbește în ipoteza lui Rutherford, fizicienii ajunseseră într-un impas.

Tocmai atunci, intră în scenă personajul necunoscut a cărui existență o presimțise Lorentz, studentul de 26 de ani, mai cunoscut la vremea aceea în lumea fotbalului decît în cea a științei.

Niels Bohr era un tînăr danez, care abia își susținuse teza de doctorat și care intrase la laboratorul lui Rutherford din Manchester. Adică, era cît se poate de nimerit pentru a constata conflictul care opunea atomul-sistem solar, electromagnetismului lui Lorentz. Bohr era tînăr, deci fără idei preconcepute și nu nutrea un respect excesiv pentru opiniile admise. Cum, la urma urmei, concepția rutherfordiană era rodul experienței, iar electromagnetismul — cel al teoriei — el nu ezită să-l arunce peste bord pe acesta din urmă. El căută prin ce mijloc, mai mult sau mai puțin eretic, ar putea să împace atomul-sistem solar cu faptele.

Aici intervine o altă peripeție a istoriei pe care o vom povesti : peripeția *cuantelor*. Teoria cuantelor : una dintre cele două mari cuceriri ale fizicii de la 1900 încoace, cealaltă fiind relativitatea. Trebuie să recunoaștem că aceasta din urmă s-a bucurat de o mult mai mare popularizare decît prima, relativitatea, cu consecințele ei... explozive, cum ar fi bomba atomică sau variațiunile metafizico-matematice asupra timpului, fiind mult mai potrivite să placă mulțimii avide de extraordinar și de senzațional. Dar cu toate acestea, consecințele descoperirii cuantelor erau mai importante, și aveau să răstoarne însuși spiritul științei.

Mai este oare nevoie să explicăm ce sînt aceste cuante ? O vom face într-o jumătate de pagină.

Max Planck, părintele cuantelor, era un savant german amabil şi paşnic, care, la începuturile carierei sale, ezitase îndelung între filologie, muzică şi fizică. Aceasta din urmă cîştigase în final partida, fără să însemne însă că el renunţase la plăcuta Euterpe. După cum povesteşte ginerele său von Laue, Planck a rămas pînă la sfîrşitul vieţii sale un maestru al pianului. Fiind el însuşi ginerele unui bancher din München, era omul cel mai conservator din lume... ceea ce nu l-a împiedicat să fie, fără voie, cel mai mare revoluţionar al fizicii de la Bacon sau Galileu încoace.

Planck observase că felul în care degajau energie corpurile calde nu se prea potrivea cu teoria lui Lorentz, în plină vogă atunci. Pentru a explica această degajare de energie, el fusese nevoit să sacrifice în 1900 teoria şi să presupună că nu este vorba de o emisie continuă, asemănătoare unui şuvoi de apă care curge, ci de una discontinuă, în salturi, ca şi cînd energia ar fi fost degajată sub formă de grăunţe mici. El dădu acestor grăunţe de energie, a căror grosime depindea, de altfel, de lungimea de undă a emisiei, numele de *cuante*.

Cititorul va înţelege ce scandal a provocat această originală ipoteză, cînd îşi va aminti că din totdeauna ştiinţa se bazase pe noţiunea de continuu şi că ea îşi însuşise adagiul leibnizian „*natura nu face salturi*". Planck fu cel mai necăjit de această lovitură sub centură dată vechii tradiţii, dar, ca şi confraţii săi, a trebuit să se acomodeze cu noua teorie cînd s-a dovedit că ipoteza cuantelor era singura cheie posibilă a termodinamicii.

...Nu numai a termodinamicii, dar şi a opticii. Lucru demonstrat de un alt iconoclast, pe nume

Einstein. După părerea acestuia, raza de lumină însăși era făcută din particule separate — *fotonii*. Stranie revenire la teoria emisiei, îngropată de la Fresnel încoace !

ATOMUL, ACEASTĂ MAȘINĂ COMPLICATĂ

Deși o asemenea năvală a discontinuului, sub forma cuantelor și fotonilor, șocase profund pe vechii fizicieni, în 1913 Bohr nu ezită să facă apel la același discontinuu, pentru a împăca atomul rutherfordian cu faptele, aceasta după ce toate celelalte mijloace eșuaseră.

Din moment ce atomul își degajă energia în salturi, este de presupus că ea nu este generată de mișcarea continuă a electronilor pe orbitele lor. Cum de produc ei atunci aceste salturi de energie ?

Iată întrebarea pe care o putem pune, fără a risca prea mult neverosimilul, în gura lui Niels Bohr. Ea îi îngrozi pe confrații lui, căci, simplul fapt de a o pune însemna renunțarea la teoria lui Lorentz, care, pe vremea aceea, era tot ce putea fi mai sfînt. Ei au fost însă și mai scandalizați cînd Bohr emise ipoteza că electronii produceau energie... sărind de pe o orbită pe alta. De data aceasta, părea să aiureze de-a binelea. Nu mai era posibilă nici o analogie. Imaginea sistemului solar, cu care lumea se obișnuise, nu mai era valabilă, din moment ce nu se mai pomenise ca o planetă să-și schimbe brusc orbita.

Trebuiră totuși să se resemneze la ideea că Bohr avea dreptate, atunci cînd, pe baza ipotezei lui, se putu explica spectrul hidrogenului, cu numărul, așezarea și lungimea de undă a liniilor sale. Ce mai senzație la consiliul Solvay din 1913 ! Bohr

nu era prezent dar, datorită lui, înaintarea spre infinitul mic cîştiga teren văzînd cu ochii. Cît de departe rămăsese atomul de acum zece ani! Nu numai că îi fusese cercetat interiorul, că îi fusese lămurită constituţia, şi că îi fuseseră număraţi protonii nucleari şi electronii planetari, dar se aflase, graţie lui Bohr, că aceştia nu gravitau pe nişte orbite oarecare; că, de exemplu, pentru a emite radiaţia care produce binecunoscuta lumină roşie a hidrogenului, electronul atomului lui trebuie să ţopăie între două orbite bine determinate.

Ba mai mult: la München, marele fizician von Laue, ginerele lui Planck, tocmai demonstrase experimental că razele X constau în vibraţii electromagnetice identice cu cele ale luminii, dar mai scurte. Colegul său englez Bragg văzuse în asta un nou mijloc de a sonda atomul şi venise să-l exprime în faţa consiliului Solvay. „*Ca şi radiaţia luminoasă, radiaţia X este un fel de mesaj expediat din interiorul atomului prin dansul săltăreţ al electronilor*, explică el aproximativ. *Aşadar, din moment ce aceste salturi generează, în domeniul luminos, radiaţii cu lungimi de undă diferite şi, în consecinţă, dungi spectrale, de ce nu s-ar întîmpla acelaşi lucru în domeniul X? Pe lîngă spectrul luminos obişnuit, trebuie să existe şi un spectru X, care ne-ar putea furniza, exact ca şi spectrul obişnuit, informaţii despre arhitectura atomului.*"

Da, Laue şi Bragg descoperiseră un procedeu nesperat pentru explorarea mai temeinică a edificiului atomic. Lorentz ar fi putut repeta în legătură cu aceasta, la congresul din 1913, faimoasele cuvinte din 1911: „*...în timp ce noi discutăm aici*" etc. Într-adevăr, în laboratorul lui Rutherford, un alt tînăr de 26 de ani, un englez, tocmai

întemeia noua tehnică de spectrografie prin raze X și deducea astfel așezarea orbitelor electronice pentru fiecare dintre cele 92 de elemente. Munca lui Moseley marca însă limita pe care avea s-o atingă ofensiva fizicienilor înaintea primului război mondial. Peste numai cîteva luni, bubuitul tunurilor avea să acopere totul. Moseley avea să fie omorît și aveau să fie necesari ani grei pînă să poată fi reluată cursa spre infinitul mic.

ÎN STRĂFUNDUL MATERIEI, ÎN 1913

La 31 octombrie 1913, congresiștii Solvay s-au împrăștiat pe la casele lor, în cele patru colțuri ale Europei : Lorentz la Haarlem, Marie Curie la Paris, Rutherford la Manchester, Bragg la Leeds, Einstein și von Laue la Zürich, J. J. Thomson la Cambridge. Ne putem închipui cum își frecau mîinile de mulțumire în fața minunatelor succese ale sondării atomului. Electronul era cunoscut de numai 15 ani, iar protonul îi fusese alăturat de și mai puțin timp. Aceste două particule marcau „capătul" științei, și părerea generală printre atomiști era că mai departe nu se putea merge, pentru simplul fapt că infinitul mic se oprea aici. Se credea că electronul și protonul marcau limita ultimă a împărțirii materiei și se considera că nu mai rămîneau de dobîndit, în acest domeniu, decît cunoștințe despre aranjamentul respectivelor particule în cadrul atomului și despre felul în care acest aranjament se repercutează asupra spectrelor. La acea epocă apărea în vitrinele librăriilor o cărțulie cu coperți galbene în care era expus cu entuziasm și totodată cu exactitate bi-

lanțul noilor cuceriri. Cartea era semnată de Jean Perrin și se numea *Atomii.*

Noi, care judecăm prin perspectiva a 50 de ani, care trăim într-o ambianță științifică și care aplicăm adjectivul „atomic" cînd unui leac universal, cînd unei primejdii de moarte, noi avem tendința să credem că explorarea atomului era un lucru de la sine înțeles, că ea decurgea în mod logic din progresele anterioare și că nimănui nu i-ar fi trecut prin minte s-o pună la îndoială.

În realitate, greșim cînd judecăm astfel. Încă de la Dalton, teoria atomică avusese de luptat cu o mulțime de adversari, care își predaseră unii altora ștafeta, în numele unor ideologii diferite. Întîi fuseseră pozitiviștii „puri"; cramponîndu-se de experiența nemijlocită, aceștia considerau atomul drept o ipoteză nefastă și nu admiteau ca știința să-l ia drept punct de plecare. Iată ce scrisese pe vremea lui Napoleon al III-lea marele chimist J.-B. Dumas: *„Dacă ar depinde de mine, aș șterge din știință cuvîntul «atom», fiind convins că iese din sfera experienței..."* Ultimul dintre opozanții de acest gen fusese însă Berthelot, care murise în 1907.

În urma pozitiviștilor se porniseră „energetiștii". Ei plecau de la punctul de vedere exact invers: ei considerau atomul drept o imagine mult prea materială și grosolană și aveau pretenția să se rezume la concepții abstracte. Pentru ei realitatea consta în ecuații cărora nu avea rost să le cauți o bază concretă. Drapelul acestei tabere fusese fluturat de chimistul german Ostwald, în 1895, iar atacul continuat de fizicianul francez Duhem, pînă la moartea sa, în 1916.

O ultimă serie de adversari fusese cea a mecaniciștilor, reprezentați mai ales de către un alt

francez, pe nume Boussinesq ; după părerea acestuia, nu era nici o nevoie să se inventeze acești atomi care prea miroseau a metafizică : ecuațiile diferențiale ale mecanicii erau perfect suficiente.

Nici Boussinesq, nici Duhem nu fuseseră poftiți la Bruxelles, dar poate că asistaseră la conferința ținută la Sorbona, de un fizician englez numit C.T.R.Wilson.

Acest savant care, alături de J.J.Thomson, vîna atomii în laboratorul Cavendish, fusese meteorolog și se născuse la țară, dintr-o familie de țărani. Fenomenele atmosferei, vînt, nori, ploaie, îi erau familiare și aceasta îl ajutase să descopere mijlocul de a-i convinge pe cei mai înrăiți antiatomiști : cum ar fi putut alde Duhem, Boussinesq sau Le Chatelier să mai nege existența atomului, cînd C.T.R.Wilson le arăta fotografia acestuia ?

Observația pe care se bazase genialul fizician de la Cambridge o poate face oricine în zilele noastre : cine n-a observat dîra albicioasă lăsată uneori în urmă de cîte un avion ? Această dîră este formată din picături fine de apă condensate la trecerea motorului. Wilson trăsese folos de pe urma unei observații de acest gen, gîndindu-se să pună un corp radioactiv într-un recipient saturat de umiditate ; particulele proiectate de corp făceau să se condenseze umiditatea, iar traiectoria fiecăruia dintre ele se materializa printr-o dîră de picături ușor de fotografiat. Desigur că particula însăși nu se vedea, dar chiar și avionul este adesea invizibil și nu se manifestă decît prin dîra lăsată în urmă !

Așa se născuse faimoasa „cameră a lui Wilson" care punea punctul final al controverselor, cameră pe care inventatorul tocmai o prezentase la

Paris, și care avea să permită, pînă în zilele noastre, efectuarea unui inventar din ce în ce mai amănunțit al faunei atomice.

ARHITECTURA MOLECULELOR

Paragraful precedent a fost intitulat *În străfundurile materiei.* Cuvîntul „străfund" este desigur aici o imagine accesibilă doar spiritului, căci atomul măsurînd în medie doar 1/10 000 000 de milimetru, iar protonul și electronul fiind de cîteva zeci de ori mai mici, nu poate fi vorba să-i fi văzut cineva cu ochii ! Nici măcar în camera lui Wilson, ei nu puteau fi reperați decît după urma lăsată ; înșeși combinațiile de atomi rămîneau inaccesibile celor mai puternice microscoape ale epocii.

Deși a ajuns acum la capătul științei din 1913, luînd cunoștință de ceea ce se considera pe atunci ca fiind limita extremă în materie de particule constitutive ale materiei, cititorul ar vrea poate să știe cum își închipuiau fizicienii lumea clădită din aceste particule. Acesta este însă un punct de vedere asupra căruia nu vom insista prea mult fiindcă ține mai degrabă de resortul chimiei, care între 1913 și 1945 n-a făcut nici pe departe aceleași progrese ca sora ei fizica. Ba gurile rele pretind chiar că ea n-ar fi făcut aproape nici unul din 1850 pînă în 1950. Cel puțin așa scrie domnul Partington, profesor la Universitatea din Londra : *„Dacă revenim la imaginea pe care și-o făceau pe la 1850 chimiștii despre molecule și o comparăm cu cea pe care și-o făceau în 1950, constatăm că ea s-a schimbat extraordinar de puțin. Atomul chimic și-a pierdut sălbatica lui*

impenetrabilitate, dar, pentru chimiști, el continuă să fie, în majoritatea cazurilor, o biluță de biliard pe care o lipește de vecina ei cu o valență.“ [1]

Această reprezentare aproximativă le ajungea chimiștilor și nici nu le-a trebuit de altfel mai mult pentru a prevedea structura moleculei, a-i calcula dimensiunile și a-i intui proprietățile.

Oricine cunoaște diferența dintre un atom și o moleculă. Atomul este, în chimie, unitatea elementară, corpul simplu care nu poate fi descompus; molecula, făcută din mai mulți atomi, este în schimb piatra din care sînt construite corpurile compuse. Molecula oxigenului pe care îl respirăm este formată din doi atomi. Dacă punem trei, obținem ozonul. Dacă luăm numai unul și-i alăturăm doi atomi de hidrogen, obținem o moleculă de apă. În chimia organică, se pot pregăti corpuri a căror moleculă cuprinde zeci sau sute de atomi. În timp ce oricare dintre cei 92 de atomi are numai în jur de 1/10 000 de micron ca diametru, aceste molecule mari pot atinge 1/1 000 de micron.

Cum sînt așezați atomii pentru a alcătui astfel de edificii ? Formează oare o sferă, o linie, un plan ? De fapt, sînt fel de fel de aranjamente posibile. Molecula siliciului are forma unei piramide cu baza triunghiulară, avînd patru atomi de oxigen în vîrfuri și un atom de siliciu în centru. Molecula butanului este făcută dintr-un șir de patru atomi de carbon, de fiecare din aceștia fiind agățați, de o parte și de alta, cîte doi atomi de hidrogen, alți doi atomi de hidrogen figurînd în plus la fiecare extremitate a șirului. În molecula de acid dezoxiribonucleic (ADN), care con-

[1] *A Century of Science* (Londra, 1951) (n.a).

stituie elementul fundamental al nucleelor celulelor vii, atomii sînt în așa fel sudați, încît formează un fel de filamente, răsucite unul în jurul altuia pe o lungime de 3/1 000 de milimetru.

Să nu credeți că toate aceste forme arhitecturale și cifre rezultă pur și simplu din considerații teoretice : de la apariția lucrărilor lui Laue, ale tatălui și fiului Bragg, și ale lui Maurice de Broglie, este foarte curentă metoda de a studia cu ajutorul razelor X organizarea internă a moleculelor și de a întocmi astfel planul lor din profil. În molecula de butan, de adineaori, de exemplu, atomii de carbon sînt la o distanță de 154/100 000 000 de milimetru. În ceea ce privește tendința generală a atomilor de a se aglomera și de a forma compuși, se știe că această tendință se supune unor legi extrem de stricte, legile *valenței*, și că unii atomi, cum ar fi, de exemplu, atomul de carbon, nu acceptă să se alieze decît cu patru alți atomi deodată, pe cînd alții, cum ar fi heliul, refuză să se sudeze cu vreunul, preferînd să rămînă celibatari.

Dar, cum am spus și adineaori, acest gen de cunoștințe n-au prea progresat din 1913 încoace și un chimist din acel an — să zicem Henry Le Chatelier, care, la vremea aceea, era de șase ani membru al Academiei de Științe — nu s-ar simți deloc pierdut dacă s-ar întoarce în această lume și s-ar apuca să se inițieze în chimia anului 1963.

LA CAPĂTUL DOMENIULUI VIEȚII

La fel s-ar întîmpla desigur dacă fantoma unui biolog din aceeași epocă, de exemplu, suedezul Koelliker sau germanul Oscar Hertwig, s-ar aven-

tura în vreunul din laboratoarele de astăzi în care se mai practică biologia clasică.

E o mare greşeală să ne închipuim că generaţia noastră a inventat totul (sau aproape totul) şi să contopim achiziţiile anterioare într-un fel de talmeş-balmeş în care se amestecă cele din vremea lui Pasteur cu cele din vremea lui Cuvier, chiar şi cele din epoca Renaşterii sau a Antichităţii. Cîţi oameni nu sînt tentaţi să creadă că descoperirea celulei vii datează de mai ieri! Şi totuşi, în 1913 avea de acum trei sferturi de secol de existenţă. Ea datează de fapt din 1838, fiind opera unui naturalist german, pe nume Schwann. Curios personaj, de altfel, acest Schwann, care, pînă la vîrsta de 28 de ani, se arătase a fi un savant admirabil, de o uimitoare pătrundere şi fecunditate intelectuală, iar după publicarea operei sale, a căzut într-un fel de manie religioasă care l-a făcut să renunţe la raţionalism, să dispreţuiască ştiinţa şi să tîrîie pînă la moarte — timp de 43 de ani! — o existenţă amărîtă de om de ştiinţă decăzut, în ciuda onorurilor cu care a fost copleşit.

Schleiden, Naegeli, Mohl, iată alţi biologi germani care, împreună cu Schwann sau după el, au precizat organizarea celulară şi au definit în cadrul ei protoplasma şi nucleul. Compatriotul lor Hofmeister a descoperit cromozomii, astfel încît, la sfîrşitul secolului, cînd Oscar Hertwig şi-a publicat cartea *Celulă şi ţesuturi*, se putea spune că celula cu principalele ei caracteristici era cunoscută, citologia fiind gata constituită.

În 1913 deci, celula era departe de a apărea drept „capătul" biologiei. Cum microscopul dădea o mărire curentă de 1200—1800 ori iar observaţia era însoţită de tot felul de artificii ajutătoare (colorarea, de exemplu), se putea trece la studiul

detaliilor protoplasmei și numărarea cromozomilor din nucleu. Luminînd preparatele pe un fond negru, ele au putut fi scoase și mai mult în relief prin același fenomen care face să strălucească firele de praf într-o rază de soare, atunci cînd aceasta pătrunde într-o cameră obscură. Cel mai mic obiect perceptibil avea dimensiuni de ordinul a zece miimi de milimetru, aproape de lungimea de undă a luminii. O întreagă lume de microorganisme se vedea apărînd și totodată se putea ghici un furnicar de fenomene obscure.

Da, în acest domeniu al vieții, „capătul" științei părea îndepărtat, ba chiar inaccesibil. Pentru a continua înaintarea ar fi trebuit să se obțină un grosisment mai mare ; desigur, acest lucru nu era imposibil și tehnica opticii era suficient de perfecționată pentru a furniza combinații de lentile mai puternice. Dar, problema era iluminarea obiectului ! Căci dimensiunile acestuia din urmă atingeau nivelul lungimii de undă a luminii și puterea microscopului expira inexorabil în fața acestei granițe.

În 1913, domeniul infinitului mic se anunța deci foarte inegal ca dimensiuni, în direcția fenomenelor fizice sau în cea a fenomenelor biologice. Experiențele se opreau în această ultimă direcție, la vreo 1/10 000 de milimetru, în timp ce în prima ele mergeau pînă la 1/10 000 000, respectiv pînă la electron și proton. Naturalistului nu-i mai rămînea decît să-și închipuie celulele și bacteriile disociate în moleculele lor constitutive, apoi pe acestea din urmă în atomi, și pe atomi în nuclee și electroni sateliți...

Și mai departe ? Mai departe nu mai putea fi nimic, spunea lumea, din moment ce experimentatorii de la școala lui Rutherford se declarau

ajunși la capătul puterilor. Dar experimentatorii, care avuseseră multă vreme ultimul cuvînt, predaseră ștafeta teoreticienilor. Și aspectul nou pe care aceștia îl imprimau universului, atît celui astronomic, cît și celui fizic, avea să dea de acum înainte un sens deosebit de nou părerii generale despre conținutul acestui univers și despre limitele lui.

LANGEVIN — UN APOSTOL AL FIZICII NOI

Cînd examinăm acum, după un interval de peste 50 de ani, explozia de descoperiri care a zdruncinat la vremea respectivă bătrîna fizică, apariția electronului, a radioactivității și a protonului, revelația atomului, și cîte alte descoperiri minunate, ni se pare că învălmășeala generală revoluționa în clipa aceea pe toți fizicienii.

De fapt, această mișcare înnoitoare nu afecta decît un număr foarte redus de laboratoare și nu antrena decît o elită foarte restrînsă de tineri savanți. Pe lîngă cei ca Rutherford, Bohr, Laue, Perrin, Maurice de Broglie, exista marea masă a oamenilor de știință de duzină, care-și făceau meseria fără riscuri, abținîndu-se cu grijă de la inovații stînjenitoare. Aceștia trăiau de pe urma fizicii domnului Biot, din 1860 ; erau profesori universitari, academicieni și înfruntau neclintiți valul amenințător de invenții nonconformiste ce izbea temelia domeniului lor.

Cîți fizicieni francezi nu figurau, de ce să n-o recunoaștem, printre cei mai imobili dintre imobiliști ? Și desigur, dacă vroiai să afli ce victorii noi au fost repurtate asupra atomului, nu la Sorbona trebuia să te adresezi... Printre tinerii cerce-

tători care nutreau asemenea ambiții circula un cuvînt de ordine: *„La Collège de France este un profesor de vreo 30 de ani care predă niște lucruri extraordinare: «fizica discontinuului», cuante, ioni, relativitate... Nimeni nu ne-a vorbit pînă acum despre așa ceva...“*

Și mergeau, care cum puteau, să se așeze într-un amfiteatru prăfuit al bătrînului Collège de France și vedeau instalîndu-se la masa de experiențe un tînăr zvelt, pe care părul tuns scurt, redingota neagră strînsă pe talie, mustața cu vîrfurile răsucite și barbișonul îl făceau să semene vag cu un ofițer.

Era Paul Langevin, fiul unui muncitor din Montmartre, care progresase energic în prima parte a carierei sale. Intrat pe primul loc, la 16 ani, la Școala de fizică și chimie din Paris, el își luase la 19 ani licența în fizică, fusese admis la 22 de ani la Școala Normală Superioară (pe primul loc evident !) — fiind nevoit să învețe în cîteva luni latina — și devenise profesor universitar la 25 de ani. Urmase apoi un stagiu la laboratorul Cavendish, unde J.J. Thomson îl inițiase în fulgurantele descoperiri ce se pregăteau acolo. La 30 de ani, cînd abia își susținuse teza de doctorat, i se oferise să-l suplinească, iar apoi să-l înlocuiască pe Mascart la catedra de fizică de la Collège de France.

În 1902, cursul lui Langevin constituia în Franța una dintre rarele surse de informare asupra ideilor noi despre materie și electricitate. *„Pînă și vechiul lui prieten Malfitano, biolog eminent, dar cam slab la fizică și cu atît mai mult la matematică, îi urmărea cu regularitate lecțiile, sedus, spunea el, de forma lor de o eleganță evidentă și de construcția rațională a gîndirii, care dădea chiar și unui pro-*

fan impresia unui lucru cu adevărat frumos.“ [1] „*Ochii lui luminoşi ne transmiteau din focul lor,* adaugă Edmond Bauer, *vorba lui clară şi liniştită se desfăşura în lecţii de o admirabilă claritate. Chiar şi aşezarea calculelor pe tablă era o adevărată operă de artă.*“

Dar, în curînd, cursurile nu-i mai ajunseră profetului concepţiilor noi, după cum nu-i mai ajunseră nici publicului său. El le difuză în faţa unor auditorii mai largi, mai exact, la Societatea Franceză de Fizică. Încununarea acestei difuzări din ce în ce mai vaste a fost poate organizarea la 27 noiembrie 1913, în sînul acestei societăţi, a unei serii de conferinţe asupra „fizicii discontinuului“, cu participarea unei pleiade de specialişti al căror nume erau Marie Curie, Maurice de Broglie, Mauguin, Jean Becquerel, Mouton, Cotton şi Fabry. Printre admiratorii lui Langevin putea fi adesea văzut un tînăr student străin, un rus de vreo 24 de ani, pe nume Zvorîkin — viitorul inventator al camerei moderne de televiziune (iconoscopul).

În cursul primilor ani petrecuţi la Collège de France, Langevin profesase teoria electronilor şi a luminii, aşa cum ieşise ea din creierul lui Lorentz. Aceasta îl duse la gîndul că lumina, sau, mai bine zis, energia electromagnetică în general ar putea să nu fie ceea ce se preda în şcoli conform tradiţiei. Atunci cînd această energie apare — să zicem : în cursul unei reacţii chimice, cum ar fi unirea hidrogenului cu oxigenul pentru formarea apei — cine ştie, dacă ea nu se naşte pe seama corpurilor care o compun ? Lavoisier ne asigură că masa acestora rămîne constantă atît înainte cît şi după combinare, dar nimic nu dove-

[1] François Canac : *Les Cahiers rationalistes,* februarie 1957 (n.a.).

deşte că el nu se înşeală. Poate că energia degajată de această reacţie nu e decît o mică cantitate de materie transformată în radiaţii dematerializate, dacă ne putem exprima aşa ?

Ipoteză teribil de revoluţionară, desigur, şi contrară atît legilor chimiei cît şi principiilor fundamentale ale fizicii şi ale filozofiei (nimic nu se pierde, nimic nu se creează !), dar care se potrivea, şi pe care Langevin n-a ezitat s-o ducă pînă la capăt. Presupunînd că o porţiune de materie s-ar transforma în radiaţie, el a calculat că aceasta din urmă trebuie să fie proporţională cu masa respectivei porţiuni de materie — mai precis : ea trebuia să fie egală cu produsul dintre această masă şi pătratul vitezei radiaţiei (300 000 km/sec.).

Or, povesteşte discipolul său, profesorul Edmond Bauer, *„la acea epocă fusesem însărcinat să analizez pentru publicaţia* Le Radium *articolele periodicului german* Annalen der Physik *care îmi sosea cu o oarecare întîrziere. Frunzărind cîteva numere din anii 1905-1906, m-am oprit mirat în faţa unei formule, care făcea legătura între masă şi energie : era cea despre care îmi vorbea de cîteva luni profesorul meu. Am parcurs articolul. Fără să-i înţeleg încă bine şi în întregime importanţa, am fost impresionat de simplitatea demonstraţiei. Am alergat la Langevin şi i-am spus — mi-amintesc clar — : «În acest număr din* Annalen *un neamţ, pe nume Einstein, publică* formula dumneavoastră şi o demonstrează».*El îmi răspunse : «Să văd. Nu cred că rezultatele lui sînt atît de generale ca ale mele».*

De fapt, erau primele memorii ale lui Einstein asupra relativităţii restrînse. Deşi cam sumară, de-

monstrația inerției energiei era generală. Langevin înțelese acest lucru. El renunță la publicarea propriilor cercetări, fu cuprins de entuziasm pentru teoria relativității și deveni prietenul lui Einstein."[1]

CUM A CREAT EINSTEIN RELATIVITATEA

Cititorul își amintește desigur cum a ajuns Einstein aici.

În fond, preistoria relativității ar putea începe în acea zi din 1879 cînd într-un tîrguleț american din Nevada ziarul local a publicat următoarea notă succintă : *„Locotenentul Michelson, fiul lui S. Michelson, negustor de pînzeturi din orașul nostru, a atras asupra sa atenția națiunii prin remarcabilele sale descoperiri în măsurarea vitezei luminii"* [2].

Albert Michelson era de fapt un ofițer de marină, care începuse să devieze încetul cu încetul dinspre navigație spre fizică, părăsind discret sextantul de dragul interferometrului. Din fericire, el nu s-a declarat prea mulțumit de experiența sa din 1879 — adverbul neașteptat „din fericire" a avut scopul de a marca cît datorează știința faptului că tînărul nostru a crezut necesar s-o refacă. Dorind să obțină, în legătură cu viteza luminii, o cifră cît se poate de precisă, el s-a gîndit că ar trebui să țină cont de viteza pămîntului : nu era oare evident că lumina trebuie să meargă ceva mai repede în sensul mișcării globului nostru în jurul soarelui, și ceva mai încet în sens invers ? Or, experiența a doua, efectuată în 1887, a dovedit un fapt

[1] Edmond Bauer : *Le Courrier rationaliste*, 25 noiembrie, 1956 (n.a.).

[2] Bernard Jaffe : *Savants américains* (New York, 1944) (n.a.).

derutant : lumina mergea la fel de repede în ambele sensuri !

... Fapt atît de derutant, încît, pentru a-l explica, Lorentz a făcut în 1895 următoarea presupunere, cît se poate de extravagantă : dacă lumina pare să meargă la fel de repede şi în sensul opus, aceasta înseamnă că parcursul ei nu este absolut acelaşi în ambele cazuri şi că interferometrul prin care ea se deplasează se lungeşte sau se scurtează după împrejurări...

Acesta este rebusul la care s-a apucat Einstein să reflecteze în 1903. Verbul „a reflecta" e destul de palid şi nepotrivit pentru a numi concentrarea spirituală de necrezut pe care şi-a impus-o acest umil funcţionar de 24 de ani şi efortul care i-a fost necesar pentru a se debarasa de reflexele intelectuale întipărite în creierul omenesc din vremea omului de Cro-Magnon.

Căci soluţia la care ajunse Einstein în 1905, după ce o îndepărtase pe cea a lui Lorentz, era următoarea : în realitate, lumina merge întotdeauna şi peste tot cu aceeaşi viteză, indiferent de direcţia în care este antrenată sursa. Trebuia, pentru a explica această constanţă surprinzătoare, să-ţi aminteşti de faptul că o viteză reprezintă cîtul împărţirii unui spaţiu la un timp (raportul dintre un spaţiu şi timpul în care este parcurs). Lorentz presupunea că spaţiul era cel care varia ; Einstein s-a gîndit că ar putea fi timpul. Cu alte cuvinte : în concepţia lui, nu există timp absolut, aşa cum nu există spaţiu absolut ; fiecare observator este legat de un timp relativ ; singurul lucru absolut din univers, singurul invariant fiind viteza luminii, egală întotdeauna cu 300 000 km/sec., indiferent de sistemul de referinţă, în raport cu care e măsurată ; această viteză nu poate fi egalată de nici un mobil.

Consecințele acestui „principiu al relativității" erau prodigioase. În primul rînd, se putea pune întrebarea pentru ce îi era imposibil unui corp material să zboare cu viteza luminii. Einstein a găsit motivul : pur și simplu pentru că mișcării sale i se opunea o rezistență, rezistență cu atît mai mare, cu cît corpul merge mai repede.

De unde această rezistență ?

„*Numai creșterea masei poate frîna viteza*, răspundea Einstein. *Sîntem nevoiți să credem, în consecință, că pe măsură ce un corp merge mai repede, masa lui devine mai mare. Această masă crește, deci, conform unei progresii, care ar face-o să fie infinită dacă viteza lui ar atinge-o pe cea a luminii.*"

Prin ce minune de necrezut poate crește masa unui obiect în mișcare ?

Ea crește fiindcă energia de mișcare, energia cinetică a corpului, care este proporțională cu pătratul vitezei, se convertește în materie, deci în masă.

... Ceea ce ne obligă să conchidem că materia este energie „condensată", sau că energia este materie dezintegrată...

UN UNIVERS NOU IEȘEA DIN MÎINILE LUI EINSTEIN

Cum se vede, Langevin ajunsese la același rezultat, dar pe o cale cu totul diferită. Ne mai amintim și că în acel moment el s-a raliat teoriei lui Einstein și a devenit pionierul și apostolul relativității.

Tot la acea epocă, Einstein și Langevin au făcut cunoștință, întîlnindu-se la congrese științifice internaționale, de genul consiliilor Solvay, și au legat

o prietenie ce nu s-a dezmințit niciodată. În noiembrie 1913, savantul francez a propus chiar ca Einstein, colegul său german, să țină o serie de conferințe la Collège de France, așa cum ținuse și Lorentz cu un an mai devreme. Einstein acceptase, de altfel, dar războiul a răsturnat totul. De fapt, încă dinainte de primul război mondial, părintele relativității se bucura în lumea savanților de un considerabil prestigiu. Planck își numise compatriotul „Copernic-ul secolului XX", ceea ce era destul de puțin pentru el, și Langevin a rectificat mai tîrziu declarînd : *„e greu de spus dacă este la fel de mare sau mai mare ca Newton, dar sînt, evident, mărimi comparabile ; după părerea mea, este ceva mai mare decît Newton, deoarece contribuția sa în știință a pătruns mai profund în structura noțiunilor fundamentale ale spiritului omenesc."*

De altfel, ca toate marile genii, Einstein era dotat cu o universalitate a spiritului care-l făcea să încline cu plăcere spre preocupări estetice. El era în timpul liber un excelent violonist și compozitor, îi plăcea să vorbească despre artă cu personalități ca regina Elisabeth a Belgiei. Suverana îi trimitea chiar poeme, rugîndu-l să le pună pe muzică. Într-o zi, a fost surprins mîzgălind pe verso niște ecuații...

În 1913, Einstein nu avea încă acea imensă reputație de simplitate, de bunătate, de curaj și de pacifism, care avea să facă din el, după cel de al doilea război mondial, prietenul numărul unu al umanității. Confrații săi și rarii profani care auziseră ceva despre teoriile lui îl priveau ca pe un fel de fenomen care scria lucruri de neînțeles și care nu se conforma codului uzanțelor burgheze și academice decît atunci cînd avea chef. Fusese numit profesor la Universitatea din Berlin și lucra, zice-se,

la o teorie a gravitației, și mai abstractă decît tot ceea ce produsese pînă atunci.

Deși majoritatea pontifilor științei și a stîlpilor de academii o priveau, în acel moment, cu scepticism, dispreț sau ostilitate, relativitatea restrînsă începea să se impună. Dintre fizicienii care țineau pasul cu știința puțini negau că ea ne arăta universul într-o lumină nouă, schimbîndu-i, în același timp, conținutul și limitele. Acest conținut încetase a mai fi numai materie ; era și energie, din moment ce prima era echivalentă cu cealaltă. Transformarea uneia în cealaltă făcea să pară învechit principiul conservării materiei, datorat lui Lavoisier și principiul conservării energiei, datorat lui Robert Mayer, dar suma energie + materie rămînea totuși constantă, formînd un fel de punct fix de care știința putea continua să-și agațe concepțiile.

Einstein dovedise cît de lipsită de sens putea fi o propoziție ca următoarea : „În această clipă *prin părțile lui Sirius se întîmplă cutare sau cutare lucru...*“ Într-adevăr, nu poate fi vorba de simultaneitate, din moment ce, atît pe Sirius, cît și pe Pămînt, fiecare observator își are timpul lui propriu ! Langevin a contribuit mult la răspîndirea veștii despre această prăbușire a noțiunii de simultaneitate prin conferința sa de la congresul de fizică, din 1911, de la Bologna. Acolo a inventat pentru prima oară faimosul lui exemplu cu ghiuleaua care duce în spațiu un pasager cu o viteză aproape egală cu cea a luminii (inferioară acesteia cu numai 1/20 000) : după o călătorie dus și întors de doi ani, pasagerul regăsește Pămîntul îmbătrînit cu două secole ! Cei doi ani ai călătorului au durat pentru globul nostru de o sută de ori mai mult !

Acest exemplu plastic a avut un succes deosebit în public. Einstein a început să treacă drept un vrăjitor care se pricepea să dilate sau să scurteze durata după dorință. Și aceasta nu era decît începutul revoluției științifice. În 1908, savantul rus Minkowski descrisese matematic universul ca pe un spațiu cu patru dimensiuni, a patra fiind timpul, iar în 1913, Langevin dovedise unitatea materiei, toate nucleele atomice fiind făcute, după părerea lui, pe baza unor nuclee de hidrogen. Energia nucleară, chiar dacă rămînea încă o anticipație demnă de discipolii lui Jules Verne, nu mai era o himeră antiștiințifică.

Astfel, în acest sfîrșit de an 1913, după cel de al doilea consiliu Solvay și după congresul care întrunise la Viena pe cei mai mari savanți germani, fizica era pe cale de a înfăptui un viraj vertiginos. Renunțînd la calea mecanicismului și a scientismului, ea se angaja pe o pistă neprevăzută, în ciuda reproșurilor din ce în ce mai energice lansate de ilustrissimii de altă dată, ca Lorentz și Kelvin.

Mecanica păruse pînă atunci știința cheie, știința model, de la care trebuiau să ia exemplu toate celelalte discipline, așa cum făcuse cu atîta succes astronomia. Numai mecanica lui Newton, Huygens și Laplace, cu timpul și spațiul ei absolut, erau admise ! Nici un fenomen nu era demn de a intra în *corpus physicus* dacă nu putea fi redus la vreun joc de angrenaje, cu pîrghii, scripeți etc. Fizicianul Cornu spunea, vorbind despre Școala Politehnică : *„Cursul de fizică trebuie orientat spre mecanică ; tendința generală trebuie să fie de a arăta cum ajung faptele, legate la început prin legi em-*

pirice, să se încadreze în legile generale ale mecanicii raționale" [1].

Și iată că, în 1913, totul se schimbase ! Mecanica legată de noțiuni *a priori* și de postulate contestabile fusese detronată, iar comanda fusese preluată de fizică. Marile legi clasice erau puse în dificultate de relativitate, de cuante, de radioactivitate, de descoperirea discontinuității materiei și a radiației. Mecanica rațională înceta să mai aibă vreun cuvînt de spus în alt domeniu decît în cel al fenomenelor la scara umană, iar universul căpăta, în această lumină, un aspect necunoscut. În fața acestui univers, atît fizicienii cît și astronomii se simțeau cuprinși de entuziasm și de neliniște : ce aveau să găsească la capăt ?

---

[1] B. Langevin : *La physique depuis vingt ans* (Doin, 1923) (n.a.).

LA AVANPOSTURILE VIEȚII

În 1937, vizitatorii expoziției internaționale de la Paris care păşeau în palatul Descoperirilor, de curînd deschis, şi urcau la etajul rezervat Chimiei, se găseau, încă de la intrare, în faţa a patru interesante reconstituiri.

Într-un colţ, putea fi văzută vizuina unui alchimist, cu retorte de sticlă verde şi capete de mort ; într-altul, laboratorul lui Lavoisier, cu cîteva dintre aparatele originale ; iar mai încolo, laboratorul lui J.-B. Dumas şi Berthelot.

Acesta din urmă era o încăpere modestă, cu echipament clasic, format din becuri Bunsen, tuburi pentru experienţe şi sticlărie variată, cu horn şi cazan cu apă. Îţi trebuia o doză serioasă de imaginaţie pentru a-ţi închipui că în acest locşor, deloc arătos, creatorul sintezei organice realizase atîtea lucrări strălucite.

Puțini cititori au avut probabil ocazia să viziteze un mare laborator modern de chimie fizică, sau de fizică atomică. Și totuși, nimeni nu se îndoiește de faptul că între o astfel de clădire și laboratorul lui Berthelot din 1907 trebuie să existe o diferență impresionantă.

Dar de ce vorbesc eu de 1907 ? Dacă ați fi vizitat laboratorul doamnei Curie din 1913, sau chiar pe cel al lui Rutherford din 1919, v-ar fi făcut desigur aceeași impresie ca și cel al lui Berthelot : impresia unei munci de meșteșugar, efectuate de un cercetător neștiut, care-și confecționează cea mai mare parte din aparate cu materialele pe care le are la îndemînă.

Era vremea cînd, în așteptarea apariției ciclotronului, se studiau particulele emise de o minusculă bucățică de poloniu, cînd atît camera Wilson cît și contorul Geiger își schițau, dacă putem spune așa, primii pași ; era vremea omului singur, a geniului solitar, a savantului inspirat, care nu avea nevoie decît de un material rudimentar pentru a da peste cap un întreg capitol al fizicii.

În comparație cu aceste laboratoare de acum o jumătate de secol, să schițăm tabloul unui centru actual de fizică nucleară. În locul camerei înțesate cu aparate heteroclite, să ne închipuim niște hale impozante în care funcționează mașini uriașe, înghițind la kilowați cît un oraș, niște uzine a căror operă, anonimă de acum, nu mai aparține unui creier izolat, ci unor colective strict specializate.

În lecția inaugurală de fizică nucleară de la Collège de France, domnul Leprince-Ringuet dădea un exemplu în legătură cu noile condiții în care se desfășoară cercetarea științifică. El a imaginat o

lucrare despre radiațiile cosmice, fenomen care, neavînd încă nici o aplicație practică, merita pe deplin să facă parte din știința pură. „*Să presupunem,* spunea celebrul fizician, *că am avea intenția să cunoaștem mai bine descompunerea hiperonilor* Σ *cu încărcătură electrică, mai precis, să aflăm dacă aceste particule se pot dezintegra dînd electroni sau mezoni* π *în locul obișnuiților mezoni* Π *.*" Pentru moment, nu are importanță ce sînt acești hiperoni și mezoni Π sau μ, ceea ce contează pentru noi este să știm că lucrarea respectivă presupune analizarea de două sau de trei ori a cîte 50 de mii de fotografii luate în camera cu bule, transcrierea acestor 50 de mii de informații în cartele perforate — cu 1 500 perforări fiecare, de exemplu — stabilirea pe baza acestor date a programului de probleme de rezolvat și, în final, transmiterea problemei unui calculator electronic. „*Vă veți mira poate,* a adăugat domnul Leprince-Ringuet, *cînd veți afla că programul pregătit pentru o experiență de genul acesta la Berkeley, anul trecut, a cerut munca a doisprezece fizicieni și tehnicieni timp de un an, numai pentru a fixa ordinea problemelor de rezolvat și pentru a le codifica în limbajul mașinii.*" Din clipa aceea, nu mai rămîne decît să punem mașina în funcțiune și rezultatul este dat într-o jumătate de minut, aproximativ... o jumătate de minut, care costă peste un milion de franci, sumă la care trebuie să adăugăm cheltuielile făcute pentru aparatele de măsură și pentru perforarea cartelelor, precum și timpul petrecut, fără întrerupere, timp de un an de către fizicieni. Sîntem departe de condițiile de cercetare ale unui Jean Perrin în 1913, sau chiar de cele ale unui Frederic Joliot în 1938...

În capitolul 3, vom prezenta cititorului cîteva dintre centrele în care este continuată în zilele noastre explorarea materiei. Vom spune de pe acum că în adîncurile materiei se pătrunde, în zilele noastre, atît de profund, încît utilajul actual seamănă cu cel din 1913 atît cît seamănă echipamentul de forare a unei sonde în Sahare, cu lopățica unui copilandru care sapă o groapă în nisip.

Sincrontronul C.E.R.N., de exemplu, a costat vreo 150 de milioane de franci și are un diametru de 628 metri ; noul centru francez de la Cadarache necesită o investiție de 800 de milioane și va ocupa 1 600 de hectare ; Institutul de cercetări nucleare de la Dubna reprezintă 500 de milioane de ruble și constituie un oraș cu 10 mii de locuitori... Și n-am citat aici decît instalații de cercetare fundamentală, nu de edificii industriale ca cele de la Pierrelatte sau Chinon.

SAVANȚI DE IERI ȘI DE ASTĂZI

... Ceea ce nu înseamnă, desigur, că nici măcar în domeniul științei pure, descoperirea nu mai poate fi decît rodul unei munci colective. Celebra frază a lui Lorentz din 1911 nu și-a pierdut valabilitatea : o echipă — oricît de bine antrenată și oricît de pricepută — are totuși nevoie de impulsul, de scînteia transmisă de un Rutherford, un Joliot sau un Fermi.

Căci, dacă s-au schimbat condițiile de cercetare, ce să mai spunem despre oamenii de știință ? S-a produs un eveniment de importanță istorică : lumea a devenit conștientă de rolul științei ; aceasta a început să aibă o importanță politică, iar savanții au început să fie răsfățați de către oamenii de

stat în măsura în care lucrările lor puteau duce la creşterea puterii sau avuţiei naţionale. Pentru a răspunde cererii în continuă creştere, efectivele cercetătorilor şi tehnicienilor s-au tot înmulţit, cei dintr-un domeniu sau altul împărţindu-se într-o puzderie de specialităţi din ce în ce mai compartimentate.

Acaparaţi de cercetări din ce în ce mai aprofundate, în sectoare din ce în ce mai înguste şi obligaţi fiind să se ţină la curent cu tot ceea ce se face în specialitatea lor, cum ar mai putea cercetătorii de azi să aibă, ca pe vremuri, o privire de ansamblu asupra ştiinţei lor. Adeseori, ei nu-i cunosc nici măcar istoria ! Timpul fiindu-le atît de măsurat, ce părticică din el pot ei consacra acelei culturi intelectuale cu care erau atît de bogat înzestraţi un Becquerel, un Kelvin, un Planck sau un Richet ? *„Nu putem nega*, scrie, de asemenea, domnul Leprince-Ringuet, *că mulţi dintre aceia care au gustat din viaţa de altădată şi se găsesc acum angajaţi într-o specialitate complet absorbantă încearcă oarecari păreri de rău. Este, de asemenea, indiscutabil că pentru a te specializa trebuie să te angajezi destul de tînăr pe un drum îngust, mărginit de ziduri înalte. Această alegere nu permite plăcuta împrăştiere a spiritului la care sîntem deosebit de sensibili. Dar, este ea oare măcar compatibilă cu acumularea unei culturi generale de mare întindere, aşa cum, evident, ar fi de dorit ?"*

„Atomiştii, aceşti eroi ai obscurantismului ştiinţific şi tehnologic ! exclamă profesorul Georges Gusdorf. *Cei mai distinşi dintre aceşti specialişti oscilează cu o regularitate semnificativă între depresiunea mintală şi înalta trădare. Cu capul dol-*

dora de ecuații, amețiți de cifre și scheme de montaj, ei nici nu mai știu, la drept vorbind, ce fac." [1]

Fără a se simți vizați de această judecată cam pătimașă, unii vor deplînge divorțul dintre aprofundarea unui filon științific și ceea ce numeam pe vremuri „umanități" ; vor ratifica poate chiar opinia doctorului Schweitzer, care scria : „*Pe vremuri, orice om de știință era, în același timp, și un gînditor, care își aducea contribuția la ansamblul vieții intelectuale a timpului său. În epoca noastră, am ajuns să facem deosebire între știință și gîndire.*" Cei despre care vorbeam vor face poate observația că bogăția de mijloace de care dispun anumite laboratoare dăunează uneori spiritului științific al colectivului, acesta avînd tendința de a se transforma în slujitorul unei anumite tehnici sau al unui aparat. Nu vom mai comenta toate aceste fapte, dar ne vom mărgini să tragem din ele concluzia logică, și anume, că fărîmițarea muncii științifice și specializarea restrînsă fac cu atît mai important, așa cum spuneam mai sus, rolul unor personalități puternice, fie ele teoreticieni sau experimentatori, capabile să cuprindă cu gîndul ansamblul domeniului lor de cercetare și să-l situeze în mișcarea generală a științei.

LA LIMITA LUMII VIZIBILE

Adevărurile precedente vor fi ilustrate, în repetate rînduri, în cele ce urmează, dar, deocamdată, vom ruga pe cititor să ne însoțească la Academia de Științe din Paris pentru a asista la ședința acesteia din 19 decembrie 1960.

---

[1] Georges Gusdorf : *Introduction aux sciences humaines* (Les Belles Lettres, 1960) (n.a.).

Dacă Bigourdan ar mai fi fost pe lumea asta, nu s-ar fi simţit poate prea străin, din moment ce savanta adunare nu-şi schimbase, din 1913, nici ritualul, nici sala de şedinţe. Ba chiar, ar mai fi putut regăsi aici pe cîţiva academicieni din vremea sa, ca Jacques Hadamard, Charles Maurain, Gabriel Bertrand sau Charles Jacob. Dar, fără îndoială, n-ar fi înţeles nimic din comunicarea prezentată de fizicianul Gaston Dupouy, directorul laboratorului de optică electronică din Toulouse.

Domnul Dupouy declara la această şedinţă că a reuşit, împreună cu colaboratorii săi, profesorul Perrier şi inginerul Durrieu, să construiască un microscop electronic care permite fotografierea bacteriilor vii.

Să explicăm pe scurt acest punct cititorilor noştri.

Vom aminti mai întîi că într-un microscop electronic, obiectul este luminat nu de un jet de lumină, ci de un jet de electroni. Se poate pune întrebarea, cu ce fel de obiectiv şi cu ce fel de ocular poate fi refractat acest jet de electroni pentru a forma o imagine ? Ajunge însă să ne amintim că un electron este o particulă electrizată şi că, în consecinţă, el poate fi deviat de un magnet. Deci, dacă vom face să treacă jetul prin cîmpul magnetic creat de o bobină, acesta va fi deviat — putem scrie : refractat. Făcînd să varieze intensitatea cîmpului, vom putea chiar rotunji mai mult sau mai puţin traiectoria jetului, obligîndu-l pe acesta să se „focalizeze" exact cum face o lentilă cu un fascicul luminos.

Acesta este principiul microscopului electronic. Electronii sînt furnizaţi de un filament incandescent ca într-un bec electric obişnuit, apoi accelerați de un dispozitiv de înaltă tensiune, care îi

face mai penetranți. Concentrați asupra obiectului, ei traversează un prim cîmp magnetic care joacă rolul de obiectiv ; trec apoi printr-un al doilea, care îi proiectează pe un ecran fluorescent sau pe o placă fotografică unde formează imaginea.

Care este utilitatea acestui aparat ? Cu alte cuvinte în ce constă superioritatea microscopului electronic asupra microscopului optic ? În faptul că el mărește mult mai mult și iată de ce.

Din moment ce microscopul optic utilizează undele luminoase pentru a lumina obiectul, dimensiunile acestuia din urmă nu pot, evident, să coboare sub cele ale undelor înseși, așa cum nu poți reproduce desenul de pe un timbru cu o bidinea de zugrav. Or, cum undele luminoase măsoară între 0,4 și 0,8 dintr-un micron [1], aceasta este și dimensiunea celor mai mici amănunte ce pot fi distinse astfel, adică cel mult una sau două zecimi de micron.

Or, în virtutea legilor mecanicii ondulatorii, un electron nu este numai o particulă : el este în același timp o undă — o undă cu atît mai scurtă, cu cît electronul merge mai repede. De unde și avantajul microscopului electronic : accelerînd electronii cu ajutorul unor tensiuni din ce în ce mai ridicate, scurtăm din ce în ce unda care le este asociată și obținem, în consecință, imaginea unor obiecte din ce în ce mai mici. În general, tensiunea acceleratoare este cel mult de 100 de mii de volți ; ceea ce corespunde unei lungimi de undă de patru milionimi de micron și ne permite, în practică, să distingem detalii de ordinul unei milionimi de milimetru.

[1] Micronul valorează 1/1 000 de milimetru (n.a.).

Or, pentru a reveni la comunicarea domnului Dupouy, el nu-și accelera electronii cu o tensiune de 100 000 volți, ci cu una de 750 000, ba chiar de 1 milion, cu perspective spre 1 milion și jumătate.

Dacă veți trece vreodată prin Toulouse, și anume prin fața Facultății de Științe, veți fi desigur impresionați la vederea unei clădiri cam ciudate : o sferă enormă așezată pe gazon asemenea unui aerostat în curs de umflare.

Această sferă, cu un diametru de 24 de metri, adăpostește microscopul electronic. Împărțită în două etaje, ea conține, sus, generatorul de înaltă tensiune, iar jos, microscopul însuși, un fel de coloană de aproape trei metri înălțime, cu o greutate de patru tone. Forma sferică a incintei de protecție este lesne de înțeles dacă ne gîndim la cei 1 500 000 de volți ai generatorului și la mulțimea de raze X care țîșnesc din tot ceea ce este atins de jetul de electroni.

Acesta era, la ora aceea, singurul microscop electronic care permitea observarea unor ființe vii. Să nu uităm, într-adevăr, că un jet de electroni nu se poate propaga prin aer. În tubul oricărui microscop electronic trebuie să fie un vid de ordinul unei milionimi de milimetru de mercur. Dar pas de încearcă să așezi în acest vid o ființă vie, oricît de elementară ar fi ea ! Ar plesni și n-am mai putea observa decît un lucru mort. Tocmai aceasta este problema pe care a rezolvat-o profesorul Dupouy ; el a plasat materia vie într-o capsulă minusculă și etanșă, ceea ce a permis în același timp materiei să-și continue viața iar electronilor să treacă. Așa a reușit el să prezinte la Academie fotografii nemaivăzute pînă atunci, reprezentînd, de exemplu, bacilul viu al difteriei sau interiorul unui stafilococ, mărite de aproape 20 000 de ori.

20 000 de ori : cifra poate părea impresionantă, și chiar este, dacă o comparăm cu cele 2 000 sau 3 000 de ori cît mărește un microscop optic. În realitate însă, cu ajutorul microscopului electronic, se poate obține o mărire mult mai mare, mergînd pînă la 50 000, sau 100 000 de ori, ba chiar și mai mult. De ordinul acesta este numărul care poate fi obținut cu aparatul domnului Dupouy, odată învinse primele dificultăți tehnice. Cine știe chiar, dacă nu i s-ar putea aplica principiul *microscopiei ionice cu efecte de cîmp* ? Această tehnică bate acum toate recordurile de mărire, dar ea nu este deocamdată realizabilă decît pe cîteva metale. *Microscopul ionic* a fost inventat în 1960 de americanul Erwin Muller. Metalul de studiat este așezat într-o atmosferă de heliu rarefiat, sub forma unui ac foarte fin. Atacați de un cîmp electric puternic, atomii care formează vîrful acestui ac sînt transformați în particule electrizate pozitiv, în *ioni* pozitivi, apoi lansați pe un ecran fluorescent. Astfel, fiecare atom își proiectează imaginea pe acest ecran, în așa fel încît putem fotografia imaginea ansamblului atomilor care formează vîrful extraordinar de mult mărit. Amplificarea poate atinge milioane de ori.

ANATOMIA MOLECULELOR

Microscopul ionic abia a intrat în faza experimentală, dar sînt de pe acum posibile măriri de peste 100 000 de ori, ba chiar de un milion, care ar face ca această literă *o* să pară mai mare decît piața Concorde din Paris. Vă întrebați, desigur, ce imagini rezultă din astfel de sondaje, în ce constă granița lor și ce se vede.

Ei bine, se ajunge la nivelul moleculelor, cele mai mari dintre ele putînd fi de acum distinse. Îmi veți spune că nu e nimic nou aici, că moleculele au fost descoperite de mult și că legile grupării lor sînt, de multă vreme, cunoscute chimiștilor. Desigur, și ne amintim chiar că, datorită lui Laue și Bragg, specialiștii în chimie fizică au posibilitatea să le precizeze, cu ajutorul razelor X, chiar arhitectura interioară, spunînd cum sînt dispuși atomii din ele. Se știe, de exemplu, că într-o moleculă de apă, cei doi atomi de hidrogen se află la o depărtare de aproximativ 1/10 000 de micron și că din atomul de oxigen, ei se văd la o depărtare de 106 grade ; se știe, de asemenea, că molecula de amoniac are forma unei piramide, cei trei atomi de hidrogen fiind așezați într-un triunghi cu latura de 16/100 000 de micron, iar atomul de azot la 4/100 000 de micron deasupra planului lor. Dar una este să faci o experiență și să deduci din ea o construcție teoretică și alta construcția *de visu !*

Desigur, chiar cu microscoapele cele mai puternice, nu poate fi vorba să vedem o moleculă de apă sau de amoniac : din mulțimea infinită a moleculelor, nu le vedem încă decît pe cele mai mari. Dar chiar și cele care ne sînt accesibile înseamnă pentru noi o adevărată revelație, deoarece, odată cu molecula, se înfățișează ochilor noștri unitatea, elementul de bază al materiei. Putem afla pentru ce cutare substanță este diferită de alta, pentru ce una este lichidă, iar cealaltă solidă, pentru ce cutare corp miroase frumos, de ce unul este verde și celălalt roșu. La nivelul moleculei sălășluiesc toate proprietățile corpurilor. Vă întrebați pentru ce aerul este gazos, pentru ce mina de plumb lasă o urmă neagră pe hîrtie, pentru ce cauciucul este elastic. Molecula este cea care dă răspuns între-

bărilor de acest gen. Aerul este gazos pentru că moleculele lui nu prezintă nici un fel de atracție una față de alta și fiindcă fiecare dintre ele se duce încotro o taie capul fără să se sinchisească de vecine ; grafitul lasă urmă pe hîrtie fiindcă este moale și este moale pentru că moleculele lui sînt aglomerate în așa fel încît să formeze foițe care pot să alunece unele peste celelalte. Cauciucul este elastic pentru că moleculele lui sînt dispuse în lanțuri, ce se lungesc sau se strîng ghem.

Moleculele apar astfel ca un fel de post central care comandă toate caracteristicile lucrurilor și e lesne de înțeles de ce studiul lor este considerat acum capital. Cum se vede molecula în fotografiile luate la microscopul electronic ? În realitate, chiar și moleculele cele mai voluminoase sînt la limita de vizibilitate ; se vede o pată, un firicel, un bastonaș, a cărui complexitate nu poate fi decît bănuită. Numai teoria îi poate ghici mecanismul. Căci o moleculă nu este un obiect inert, ea este, dimpotrivă, o adevărată mașinărie care reacționează la încălzirea corpului respectiv sau la aplicarea unui tratament electric sau magnetic, învîrtindu-se pe loc sau vibrînd. Molecula gazului de amoniac despre care era vorba adineaori execută 24 de milioane de vibrații pe secundă ; această mișcare vibratorie este utilizată la orologiul atomic, folosit, la rîndul său, drept balansier pentru sincronizarea noilor orologii astronomice.

Fie că este vorba de o moleculă de sare — care cuprinde un atom de clor și unul de sodiu —, fie că este vorba de o moleculă de gaz carbonic, de nailon, sau de proteine etc., ne mai putem întreba cum de stau lipiți între ei atomii din ele, ce forțe îi înlănțuie unii de alții într-un tot unic și solid.

Chimistul american G.N. Lewis și-a pus primul această întrebare în 1916. El a făcut presupunerea că în anumite molecule, atomii sînt uniți printr-unul dintre electronii lor și anume, cel situat pe orbita exterioară ; ca doi frați siamezi legați printr-o punte de carne ! În alte molecule, unul dintre atomi acaparează pur și simplu un electron aparținînd altui atom.

După trei ani, teoria lui Lewis a fost reluată de un alt american, Irving Langmuir, care lucra ca inginer la societatea General Electric. El își începuse cariera la această firmă într-un mod original. Cînd fusese angajat, în 1909, l-a întrebat, după cum era normal, pe director ce muncă i se va repartiza.

— Veți face ce doriți, i-a răspuns patronul. Plimbați-vă prin laboratoare și alegeți treaba care credeți că vă interesează cel mai mult.

Chiar așa a și făcut Langmuir, care avea pe atunci 28 de ani. S-a apucat să studieze un fenomen care pentru moment nu avea nici o aplicație practică. După doi ani, cuprins de scrupule, s-a înfățișat din nou directorului :

— Am făcut după cum mi-ați spus, i-a declarat el, dar nu știu dacă e cazul să-mi continui cercetările : ele nu prezintă interes decît pentru mine și nu vă vor aduce probabil niciodată vreun cîștig...

S-a văzut totuși ce beneficii avea să tragă compania General Electric de pe urma încrederii atît de inteligent acordate tînărului ei salariat, căci, din cercetările dezinteresate ale acestuia, aveau să iasă, nu numai o perfecționare a teoriei lui Lewis asupra legăturilor intermoleculare, dar și ceva mai concret, și anume, becul electric cu atmosferă gazoasă — al dumneavoastră, al nostru, bec care a adus firmei o avere colosală.

Reducerea forțelor care leagă între ei atomii și moleculele la o simplă problemă de electronică este în fapt de o importanță indiscutabilă. Ea reduce chimia la fizică, ne permite să interpretăm relațiile chimice ca pe niște plecări și veniri de electroni și să stabilim dependența acestora față de legile mecanicii cuantice ca și în cazul fenomenelor de fizică atomică.

Mai mult. De acum înainte, sarcina de a determina forma moleculelor, cu așezarea și distanțele dintre atomii care le constituie, revine în aceeași măsură chimistului și fizicianului. Pentru aceasta, intră în acțiune un puternic echipament de spectrometre, de sisteme de măsură magnetice și de dispozitive destinate explorării materiei cu ajutorul ultrascurtelor... fără a mai socoti teorii ca cele ale germanilor Heitler și London în 1927 sau ale americanului Pauling în 1933.

Toate aceste adăugiri, noutăți și revoluții n-au trecut, după cum ne putem închipui, fără a-i face pe chimiștii tradiționaliști să scrîșnească din dinți. La drept vorbind, primii care au pornit-o pe acest drum au fost tratați ca niște renegați. Ar trebui să spun „primul", deoarece a fost un savant german, Hermann Staudinger, care, plecînd de la considerente cu totul diferite, a avut norocul să pună primul în discuție această problemă dificilă în 1922.

MACROMOLECULA, SUBSTRATUL VIEȚII

Staudinger era un pașnic profesor universitar, care preda pe atunci chimia la Școala Politehnică din Zürich. Și totuși, conformismul lui nu l-a împiedicat să se lanseze, asemeni compatriotului său, Planck, pe o pistă cu totul necunoscută. Avea 40

de ani, în 1922, cînd a izbucnit scandalul. Motivul a fost enigma corpurilor de genul albuminei, celulozei și cauciucului.

Ce sînt, de fapt, aceste corpuri ? Sînt făcute din grupuri de molecule mici, se răspundea în general.

— Ba deloc, a intervenit Staudinger ; ceea ce dumneavoastră considerați drept grupuri de molecule este, de fapt, o singură moleculă, dar o moleculă enormă, să zicem : o *macromoleculă*.

O macromoleculă ? Unde s-a mai pomenit așa ceva ? Ce mai tărăboi printre chimiști ! Un personaj important l-a prevenit părintește pe iconoclast :

— Mai lasă pretențiile, Staudinger, lasă povestea asta cu moleculele uriașe și întoarce-te la cele normale, cu care ai făcut pînă acum treabă atît de bună ! Ceea ce afirmi este imposibil.

Imposibil ! Chimistul german descoperise pur și simplu poarta spre masele plastice, textilele de sinteză, nailon și însăși natura vieții... Dar aveau să treacă 20 de ani pînă să se observe acest lucru. Abia în 1953, Academia Suedeză, cuprinsă de o remușcare cam tîrzie, atribui lui Staudinger premiul Nobel pentru chimie. Laureatul avea șaptezeci și doi de ani. Presa nu a scăpat ocazia să remarce cu ironie că Alfred Nobel își destinase fundația încurajării tinerilor cercetători... De altfel eroului nostru nu i-a lipsit mult să nu primească nimic, căci în 1944 fusese cît pe ce să piară de pe urma unei bombe care i-a făcut praf laboratorul de la Universitatea din Fribourg.

În zilele noastre, moleculele uriașe, macromoleculele fac obiectul unor industrii uriașe — 2 700 000 tone au fost produse în 1960 în Statele Unite, 800 000 în Germania Federală, 279 000 în

Franța [1], — dar nu vom insista asupra acestui aspect ; vom observa numai că ele ilustrează într-un mod aproape tangibil punctul de vedere, conform căruia moleculele sînt niște mașini, la scara infinitului mic. Expresia „aproape tangibil" înseamnă că, dacă nu putem chiar să le atingem, putem cel puțin să le vedem și că deci ele se situează la limita extremă a orizontului nostru sensibil.

Este însă timpul să răspundem la întrebarea pe care v-o puneți probabil și să spunem ce știm acum despre macromolecule. De la bun început, prefixul *macro* dă de înțeles că sînt niște molecule *„de proporții incomparabile cu cele ale moleculelor obișnuite"*, cum spune domnul Jacques Duclaux. În realitate, ele pot fi de milioane de ori mai mari și pot număra sute de mii de atomi. Așa sînt și cele care alcătuiesc ființele vii. Căci carnea, oasele, globulele roșii, părul, toate organele noastre sînt făcute din substanțe, și cele mai importante dintre ele, cele în care sălășluiește viața, sînt făcute din macromolecule. Astfel încît, acestea din urmă marchează nu numai limita universului nostru vizibil, dar și cel al domeniului vieții.

În acest domeniu, de altfel, e în curs de pregătire o revoluție, căreia îi vom consacra restul acestui capitol ; dar, poate că înainte nu i-ar strica cititorului să încerce a-și închipui acele unități elementare din care sînt compuse țesuturile noastre vii — macromoleculele de *proteină*.

Numele savantului pe care trebuie să-l pomenim cu această ocazie este Linus Pauling, marele chimist american citat ceva mai sus.

Pauling : tipul omului de știință total diferit de Staudinger și care s-ar apropia mai degrabă de

[1] În 1969 producția de mase plastice a României a fost de 130 000 tone.

Joliot. Exact : un savant care nu-şi consideră sarcina terminată din clipa în care a oferit ştiinţei lotul de descoperiri ce i-a adus premiul Nobel (în 1954, la un an după Staudinger) ; un om care consideră, dimpotrivă, că datorează semenilor lui ceva mai mult decît ştiinţă, un om care îşi propune să-i ajute să-şi găsească fericirea şi pacea, şi întreprinde, împreună cu soţia sa, o adevărată cruciadă împotriva primejdiei atomice [1]. Un om „angajat", putem spune — şi cu cîtă generozitate, cu cîtă credinţă ! Mai poate fi încă văzut trecînd din oraş în oraş, zvelt, înalt, cu fruntea sus, neobosit purtător de cuvînt a şapte sute de mari savanţi, dintre care 40 de laureaţi ai premiului Nobel.

Pauling are acum şaptezeci de ani, dar nu avea decît treizeci şi şase în 1937 cînd şi-a început cercetările asupra moleculelor de proteină.

Se ştia la vremea aceea că o astfel de moleculă nu este alcătuită direct din atomi, ci din compuşi organici numiţi *aminoacizi*. Experienţa arătase pe de altă parte că numita *moleculă* putea cuprinde sute de astfel de compuşi, deşi aceştia sînt numai vreo douăzeci de specii cu totul.

Pauling şi-a pus atunci problema să afle cum erau aşezaţi aceşti aminoacizi în interiorul macromoleculei de proteină. El a folosit metoda Laue-Bragg, care constă în a trimite un fascicul de raze X asupra substanţei studiate şi a repera în care anume locuri fasciculul este deviat din cauza întîlnirii cu un atom.

Rezultatul la care au ajuns începînd din 1950 Pauling şi cu echipa lui a fost surprinzător. Molecula de proteină nu semăna nici cu o bilă, nici cu un filament, nici cu o piramidă. Ea avea forma

[1] În 1962 primeşte premiul Nobel pentru pace.

unei elice ! Mai bine zis, *ea era o elice*, formată dintr-un lanț de aminoacizi. Constatare derutantă, desigur, cu atît mai mult cu cît era vorba de o structură ale cărei dimensiuni sînt de ordinul 1/100 000 de milimetru, deci abia accesibile microscopului electronic.

Concluzie remarcabilă, dacă ne dăm osteneala să reflectăm puțin asupra ei. Căci ea ne confirmă faptul că moleculele, cele mai mici particule de materie la care putem avea acces direct, sînt, atunci cînd se numesc „proteine", și cele mai mici particule din domeniul vieții. Odată coborîți la acest nivel, sîntem nu numai „la capătul" universului vizibil — să spunem : al universului la scara umanului — în sensul infinitului mic, dar și „la capătul" lumii vii. Am fi tentați să spunem : dincolo de acest capăt nu mai este decît materie „pură", inertă, supusă strict legilor fizicii... dar, pentru ce macromoleculele vieții n-ar fi, ele însele, materie „pură" ? Să ne amintim că diversele combinații chimice sînt, în ultimă instanță, numai niște jocuri de electroni ; de ce n-ar fi la fel și cu combinațiile dintre moleculele de proteină ? Cu alte cuvinte, nu s-ar putea, la urma urmei, ca viața să fie constituită din fenomene de fizică atomică conduse după legi cuantice ?

TAINA VIEȚII ÎNTR-O PICĂTURĂ DE ACID NUCLEIC

E drept că aici problema se complică mult și că o moleculă de proteină are o comportare mult mai complexă decît o moleculă minerală oarecare...

O moleculă de proteină nu este de fapt un simplu material de construcție al celulelor vii ; este vorba de un material care reacționează la

porunci și le execută. Molecula acestui material „știe" că, în cutare parte a corpului, ea trebuie să-și așeze cei douăzeci de aminoacizi într-o anumită ordine, astfel încît celula din care face parte să formeze pielea ; sau, în cutare altă ordine, încît celula din care face parte să formeze un țesut muscular și așa mai departe. Cîte combinații ale celor douăzeci de elemente componente, atîtea proteine diferite. Lucrurile se petrec de parcă în funcție de amplasamentul lor acestea din urmă ar avea fiecare o misiune precisă, iar toate proteinele care alcătuiesc o celulă ar asculta de un conducător care le-ar desemna sarcina, veșnic aceeași.

Chiar așa și este. În centrul fiecărei celule există într-adevăr un șef însărcinat cu conducerea activității tuturor macromoleculelor de proteină care o compun. Acest șef se vede la microscop, în nucleul celulei, sub forma unor filamente foarte subțiri, numite *cromozomi*. Acești cromozomi putînd fi extrași, se observă că ei sînt de fapt o înșiruire de particule mult mai mici, numite *gene* [1], formate la rîndul lor din moleculele unui acid organic, acidul *dezoxiribonucleic*, botezat pentru mai multă ușurință ADN. Astfel încît, în cele din urmă, moleculele de ADN sînt cele care își asumă conducerea muncii celulei ; ele poruncesc moleculelor de proteină să fie un țesut sau altul, piele, păr sau cartilagiu ; ordinele lor sînt ascultate în suficientă măsură pentru ca să nu existe niciodată nici cel mai mic rebut de fabricație în tot cursul existenței ființei vii și pentru ca aceasta să fie

[1] La sfîrșitul anului 1969, un colectiv condus de savantul american John Beckwith de la Universitatea Harvard din Bouston a reușit izolarea primei gene și anume cea care determină capacitatea de fermentare a lactozei, așa numita genă lac, aparținînd unei bacterii.

fără posibilitate de confuzie, o ființă omenească, o pisică, sau un cartof.

Astfel prezentat, rolul genelor și al ADN-ului din care sînt făcute pare de domeniul miraculosului : cum poate o particulă de acid să fie înzestrată cu o asemenea putere ? Este oare posibil ca pe ea să se bizuie răspunderea covîrșitoare de a face să crească, să trăiască, să se dezvolte o ființă vie cu toate caracteristicile ei, fie ea plantă, animal sau om ? Și totuși, lucrul este aproape neîndoios de cert și constituie chiar una dintre cele mai recente și mai extraordinare cuceriri ale biologiei contemporane. Știm acum că, la împărțirea celulei în două în vederea reproducerii, picătura microscopică de ADN, care veghează la postul de comandă al celulei, este cea care verifică dacă descendența este într-adevăr conformă cu modelul, adică, dacă asemănarea ereditară este întocmai respectată ; știm că ea este aceea care păstrează, în orice vietate, „codul genetic" ; că în ea sălășluiește explicația asemănării dintre orice individ și părinții săi, precum și cea a perpetuării raselor. O investigație chimică dusă pînă la capăt indică în final că această taină formidabilă aparține unei molecule cu o lungime de vreo 3/1 000 de milimetru și cu o grosime de 2/100 000 de milimetru. Ne întrebăm : sub ce formă conține această macromoleculă codul genetic ? Și cum îl impune ea lucrătoarelor, adică moleculelor de proteină subordonate ei ?

Vom vedea pe dată răspunsul propus de știință la aceste mari probleme, dar vom face de pe acum următoarea observație capitală : dacă toate genele constau din molecule de acid nucleic, asta nu înseamnă că aceste molecule se întîlnesc numai în gene. Se întîmplă cu ele cam ceea ce se întîmplă

și cu pietrele : multe intră în construcția caselor, dar mai rămîn totuși și pe marginea drumurilor ! Tot așa, întîlnim la fiece pas și nucleo-proteine în stare liberă ; să existe oare vreo înrudire între rolul jucat de unele dintre ele și cel al virușilor ? Căci, contrar unei păreri destul de răspîndite, virusul nu este un animal primar, un fel de bacterie minusculă : el este pur și simplu o fărîmă de ARN îmbrăcată în general într-un ambalaj de proteină. Virușii cei mai mici n-au decît 25/1 000 000 de milimetru, dar cei mai mari sînt de acum vizibili la microscopul electronic.

Faptul că aceste molecule nucleice, care nu și-au găsit locul în cromozomi, se plimbă în libertate are, pare-se, consecințe importante. Neutilizate în disciplina unei celule, calitățile lor de organizatoare riscă să fie folosite la întîmplare, oriunde, asupra oricărei molecule de proteină care trece la o distanță convenabilă. Ne putem foarte ușor imagina pe una dintre ele strecurîndu-se într-o celulă, încercînd să-l dea afară pe maistru — vreau să spun : pe genele legitime — și apucîndu-se să dea ordine în stînga și în dreapta. E lesne de închipuit ce dezordine s-ar dezlănțui în organismul afectat și cărei creșteri anarhice i-ar putea cădea pradă acest nefericit organism.

Să fie oare ceea ce spun numai literatură ? De fapt, această poveste ar putea fi cea a unor maladii cu viruși, începînd cu gripa și terminînd cu poliomielita, ba chiar, mai mult sau mai puțin, cu cancerul ; acesta din urmă s-ar putea datora, în realitate, unei proliferări aberante de molecule din cauza pătrunderii pe neobservate a unui virus.

Astfel încît, pînă la urmă, excursia noastră în lumea macromoleculelor ne pune în fața acestui teribil flagel. Cuprindem dintr-o dată cu privirea

imensitatea peisajului care se deschide. Căci, plecînd de la studiul moleculelor uriaşe ale lui Staudinger, am ajuns să examinăm rolul lor capital în construirea ţesuturilor vii ; am scos în evidenţă activitatea unor substanţe chimice, ca ADN-ul, şi ne-am văzut în situaţia de a le atribui o funcţie esenţială în conservarea capitalului genetic, în succesiunea generaţiilor. Responsabilităţile lor ne-au apărut apoi zdrobitoare atît în exteriorul, cît şi în interiorul celulei ; am comparat acizii nucleici cu virusii şi am fost nevoiţi să conchidem că în ei trebuie căutată probabil cauza unui mare număr de maladii şi, mai precis, a acestei calamităţi publice deocamdată fără remediu, cancerul.

REVOLUŢIA BIOLOGIEI MOLECULARE

Faptul că savanţii caută, de comun acord, în molecula de acid nucleic origina proprietăţilor materiei vii, explicaţia ereditătii, secretul virusilor şi cauza posibilă a unui mare număr de infecţii, precum şi a cancerului, este suficient pentru a ne face să înţelegem vasta şi universala curiozitate care aţinteşte astăzi ochii ştiinţei asupra acestui umil fragment de materie. Astfel ne explicăm de ce chimiştilor li s-au alăturat biologii, apoi geneticienii, apoi medicii, apoi fizicienii. Înţelegem de ce un lucru atît de mic, şi care concentrează asupră-şi interese atît de considerabile şi de variate, a determinat crearea sau a polarizat activitatea a nenumărate colective din lumea întreagă. Înţelegem pentru ce, simţind atît de aproape, poate chiar la îndemînă, marile secrete, atît de îndelung căutate, lumea ştiinţifică s-a aprins, cercetătorii s-au înmulţit şi vechea biolo-

gie, în ansamblul ei, a fost cuprinsă de un amețitor suflu de înnoire.

„*Peste douăzeci de ani*, spunea într-o zi profesorul Jean Coursaget, unul dintre pionierii acestei științe de avangardă, *vom putea modifica evoluția ființelor vii — fără ca aceasta să țină de domeniul științifico-fantasticului.*"

Biologia era de multă vreme — de ce să nu recunoaștem — o știință cam adormită, o știință care nu trezea nici curiozitate, nici entuziasm. Ea se mulțumea să descrie și să claseze. În bătrînele noastre universități din Europa, ea nu era reprezentată decît de catedre de zoologie și de botanică, și mulți continuau să și-l închipuie pe naturalist sub o înfățișare rustică, cu tolba în spinare, prinzînd fluturi sau culegînd flori. Răuvoitorii bombăneau că „științele naturii" erau o ocupație plăcută pentru școlile de fete, iar băieții nu le descopereau existența decît atunci cînd nu erau în stare sub nici o formă să rezolve o ecuație de gradul întîi sau să manevreze un tabel de logaritmi. Chiar în 1960, în Franța nu era decît o singură catedră de genetică.

E drept că trebuind să lucreze cu o materie atît de strîns legată de viață și de conștiință, specialiștii în biologia celulară n-o făceau adesea decît cu un fel de sfîntă spaimă. Atît de tare se temeau să nu știrbească cumva prin munca lor vechile mituri adunate pe aceste subiecte tabu de niște populații analfabete, încît respingeau cu groază ajutorul pe care l-ar fi putut primi din partea chimiei teoretice sau a fizicii electronice.

Nu avem de ce ne mira că o știință atît de amorțită și înlănțuită de tradiții perimate nu a participat cu nimic la imensul elan care a cu-

prins, începînd din 1895, majoritatea celorlalte discipline. Căci, dacă prima jumătate a secolului al XX-lea a fost mai ales epoca marii revoluții atomice, trebuie să constatăm că ea a fost și martora cuceririlor astrofizicii, care a precedat astronautica, a înfloririi electronicii și a chimiei materiilor plastice. Numai biologia de pe vremea tatii se ținea de o parte de acest elan colectiv și își vedea înainte, fără haz, de rutina zilnică.

Și iată că în ultimii ani se porni deodată o ofensivă neașteptată. Niște tineri oameni de știință, formați după ultimul război, deciseră să înceteze cu veșnica manie de a descrie și a clasa. Ei se apucară să dovedească faptul că secretul vieții nu se află în celulă, ci în elementul ei constitutiv, molecula. Molecula ! Puși în gardă, chimiștii ciuliră urechea. Ei se oferiră să colaboreze la această ofensivă, ținînd desigur legătura cu confrații lor fizicienii. Și astfel, porni la drum biologia moleculară, știință nouă, care, după definiția lui Pierre Douzou, își propunea să caute ascendenții cuantici ai fenomenelor biologice.

Dezvoltarea biologiei moleculare este acum fulgerătoare. O întrecere pătimașă s-a pornit, bogată în momente de „*suspense*". Cunoscătorii apreciază importanța breșei făcute — o breșă care e pe punctul de a ne deschide un peisaj nesperat. O revoluție biologică, ce va însemna poate pentru cea de a doua jumătate a secolului nostru ceea ce a însemnat revoluția atomică pentru prima ! Oare pînă unde se vor retrage limitele imposibilului atunci cînd savantul va cunoaște modul de acțiune al moleculei de proteină și pe cel al acidului nucleic ? Prepararea materiei vii, modificarea eredității, îmbunătățirea patrimoniului gene-

tic, prevenirea unui mare număr de boli, vindecarea, poate, chiar a cancerului — va mai rămîne oare ceva în afara cîmpului de acțiune al omului din clipa cînd el va avea deschise în fața ochilor, ca pe o carte, „harta" moleculei de ADN și „modul ei de întrebuințare" ?

„Revoluția biologică a secolului al XX-lea, scria acum trei ani profesorul Jean Bernard, *este atît de rapidă, atît de prodigioasă, încît ea poate să amețească spiritele cele mai solide. Prin ritmul și importanța ei, ca și prin transformările produse sau cele ce se prevăd ea este comparabilă pe plan istoric cu marile descoperiri spaniole și portugheze din secolul al XV-lea* [1].

Încă din 1853, Koelliker prezisese, cuprins de o ciudată presimțire : *„Cînd vor putea fi descoperite moleculele care formează membrana celulară, fibrișoarele mușchilor, fibrele nervoase etc., cînd se vor descifra legile care determină gruparea lor, modificările originii, creșterii și activității lor, o eră nouă va începe pentru histologie ; descoperitorul legii* genezei celulare *sau al* teoriei moleculare, *va deveni cel puțin la fel de celebru ca și fondatorul teoriei celulare..."*

Dar Koelliker nu prevăzuse că făuritorii biologiei moleculare vor răsări într-o bună zi din toate părțile și că acizii nucleici, aceste *„pierres de Rosette"* [2] ale vieții, vor vedea concentrîndu-se asupra lor asalturi întreprinse cu mijloace atît de diferite.

---

[1] Jean Bernard : *État de la Médecine* (Buchet-Chastel, 1960) (n.a.).

[2] Piatră cu inscripții în caractere demotice, în greceşte și în hieroglife, care i-a permis lui Champollion să descopere secretul acestora din urmă.

Mijloace atît de diferite, scriem noi. Şi totuşi, vai!

Profesorul Coursaget a fost citat mai sus ca unul dintre pionierii noii biologii. Cititorul este deci îndreptăţit să creadă că problema nr. 1 pe care şi-o pune biologia este studiul ADN-ului, transferările de energie în macromolecule, sinteza proteinelor şi mai ştiu eu ce? N-aţi ghicit, dragi cititori: problema nr. 1 a domnului Coursaget este de a convinge autorităţile de utilitatea cercetării biologice...

Vom adăuga, pentru a fi drepţi, că această problemă nu preocupă numai pe domnul Coursaget, ea fiind, în Franţa, într-o măsură mai mare sau mai mică, grija majorităţii cercetătorilor din toate centrele care se consacră cercetărilor de biologie pură.

Dar, ce vorbesc eu de Franţa, cînd aceeaşi dificultate îi întîmpină pe biologii din mai toate ţările Europei occidentale, ceea ce explică „vai"-ul nostru de adineaori?

Căci, dacă comitetul american pentru energia atomică, de exemplu, afectează biologiei 5% din bugetul său, organismul francez corespunzător nu-i acordă acesteia decît vreo 0,5%. Şi încă, este vorba aici de o sumă globală, din care numai o parte este vărsată cercetării fundamentale. Pentru a nu cita decît două cazuri: laboratorul de biofizică de la Saclay datorează o bună parte din existenţa sa creditelor alocate pentru fabricarea radio-izotopilor cu întrebuinţare medicală sau industrială; iar laboratoarele de biologie moleculară de la Institutul Pasteur n-ar exista nici ele dacă

nu s-ar agăța de resursele provenite din vînzarea vaccinurilor...

Într-o epocă în care am văzut energia atomică izbucnind din lucrările unui Rutherford sau Joliot în domeniul fizicii pure, iar astronautica născîndu-se din studiile, nu mai puțin dezinteresate, ale lui Țiolkovski și Esnault-Pelterie, e mai degrabă revoltător să constați că niște savanți care sînt pe cale de a declanșa în biologie o răsturnare egală, se chinuie să convingă autoritățile de utilitatea cercetării fundamentale... Tot doctorul Coursaget ne declară cu amărăciune că puțini dintre factorii de răspundere francezi erau conștienți de importanța acesteia din urmă în biologie. „*În majoritatea cazurilor*, adăuga el, *aceasta nu se poate dezvolta decît la adăpostul cercetării aplicate, care-i servește drept scut. Autoritățile, mai ales cele financiare, n-o privesc de obicei decît ca pe un sub-produs al funcțiunii noastre principale, aceasta fiind, după părerea lor, dezvoltarea aplicațiilor destinate industriei, agriculturii sau medicinei.*"

Cînd, în mai 1962, o sută douăzeci și trei de personalități franceze din domeniul biologiei au făcut apel la ajutorul particularilor, s-a amintit că în anul precedent sumele consacrate de fiecare francez pentru cercetarea biologică fuseseră de 25 de ori mai mici decît în Statele Unite și de șase ori mai mici decît în Anglia. În 1962, Franța nu atribuia încă acestui gen de cercetări decît 32 de centime pe cap de francez și, spre deosebire de cele ce se petreceau de cealaltă parte a Canalului Mînecii și a Atlanticului, marile societăți particulare, comerțul, băncile, industria, le tratau cu un dezinteres total.

Ne consolează prea puțin faptul că aceeași lipsă de înțelegere sau de informare bîntuie în mai toate țările europene, exceptînd desigur Marea Britanie, Suedia și U.R.S.S. Peste tot, biologii care se aventurează în cercetarea pură sînt nevoiți să cerșească subsidii jalnice și adesea nu reușesc să-și desăvîrșească pregătirea decît în urma unor stagii periodice în Statele Unite. În condițiile acestea e lesne de înțeles meritul oamenilor de știință care nu lucrează nici la departamentul de Biochimie al Universității din New York, nici la Institutul Național al Sănătății Bethesda (Statele Unite), nici la laboratoarele de Biologie Moleculară de la Cambridge (Anglia) sau la Institutul Macromoleculelor din Leningrad...

Și totuși, se pare că astăzi această greoaie masă de inerție începe să se miște. Într-un număr de țări, cercetătorii și-au proclamat atît de tare speranțele și indignarea, încît au început să fie luați în seamă. Dar mai sînt multe de făcut înainte ca ei să fie suficient de numeroși și să aibă destulă libertate de mișcare pentru a-și duce opera la bun sfîrșit.

UZINA DIN CADRUL CELULEI

„Capătul vieții" — dacă ar fi ca viața sau materia să aibă un „capăt" ? Nu mai este chiar atît de departe pînă dincolo de linia orizontului. Au fost scoase din găoace particulele care păreau a fi constituantele lui ultime, proteinele și acizii nucleici, și biologii recunosc cu toții caracterul specific al acestora. *„Celula normală,* scrie, de exemplu, domnul André Lwoff, *este un sistem ordonat structural și funcțional, în care toate macromoleculele sînt*

unități interdependente... Structurile și funcțiunile sînt aspectele complementare ale organismului. Despărțită de contextul ei — adică extrasă din cadrul celulei — orice structură, fie ea acid nucleic sau proteină, nu mai este decît o moleculă organică. Materie vie în sine nu există. Viața nu poate fi decît apanajul organismului, privit ca un tot." Asta voia să spună și savantul specialist în chimie organică Ernest Kahane, prin titlul, în aparență paradoxal, dat ultimei sale cărți *Viața nu există !* [1]

Oricine știe că o celulă este formată dintr-o mică masă de *citoplasmă* [2], înconjurată de o membrană și cuprinzînd un *nucleu* central. Citoplasma este făcută din mii de macromolecule de proteină și, dacă ne amintim, nucleul este laboratorul în care stau îngrămădite genele. Proteinele constituie deci materialul esențial din care este clădită ființa vie. Ele joacă, de altfel, rolul de *enzime* [3], cu alte cuvinte, rolul unor catalizatori cu înaltă specializare care activează toate reacțiile chimice din celulă. Acestei specializări a proteinelor — în corpul nostru există, poate, o sută de mii de specii diferite ! — îi datorăm, pe de o parte, prodigioasa diversificare a miliardelor de celule din corpul nostru și, pe de altă parte, faptul că mașinăria nu se strică niciodată : nu avem de ce ne teme că într-o zi ea va fabrica în loc de ochi sau fire de păr, tipul de moleculă rezervat unghiilor sau țesutului stomacal !

Tocmai aici se pune o mare problemă.

---

[1] Editions rationalistes, 1962 (n.a.).

[2] Partea fundamentală, transparentă, vie a celulei.

[3] *Enzimă* — substanță produsă de anumite celule vii avînd acțiune catalitică în multe reacții din chimia organică.

Ca multe alte lucruri de pe această lume, celulele vii își pierd puterile și mor. Ele trebuie deci să fie continuu înlocuite. Moleculele proteice din care sînt făcute trebuie deci să lucreze fără încetare pentru fabricarea succesorilor. Astfel încît fiecare celulă este un fel de uzină în care moleculele nu încetează să muncească, asemenea unor lucrătoare harnice, pentru a produce molecule noi. Fenomen grandios, dacă ne gîndim că munca aceasta durează o viață, fără o clipă de răgaz!

Aceasta face și mai demnă de admirație precizia de funcționare care ne trezea încîntarea adineaori! Moleculele nu se înșeală niciodată — sau aproape niciodată — și nu riscă să fabrice, de exemplu, în loc de retină, moleculele care servesc la facerea cartilagiului nasului; cele ale unui nou-născut nu uită nici cel mai minuscul organ, și nu există, sau aproape nu există, probabilitatea ca ele să „uite" să determine creșterea unui ochi sau a unui braț. Spun „aproape" pentru a aminti că acest lucru se întîmplă totuși cîteodată. Să ne aducem aminte de tragicul proces din 1962, care a zguduit profund opinia publică belgiană și chiar europeană: de acea mamă, doamna Vandeput, care, constatînd că nou-născutul ei a venit pe lume fără brațe, l-a omorît pentru a-l scuti de o viață crudă. Acest exemplu ne arată cît de îngrijită trebuie să fie munca moleculelor și cît de importantă este ea pentru destinul nostru.

Din fericire, astfel de cazuri sînt rare. Moleculele proteice din țesuturile noastre, în orice loc al corpului s-ar afla, își îndeplinesc funcția cu conștiinciozitate și fără greș. Zeci de ani de-a rîndul, cele din cutare sau cutare organ își trans-

mit de la mamă la fiică indicațiile și secretele de fabricație, fără să se îndepărteze cîtuși de puțin de la acestea.

...Ceea ce confirmă, cum s-a spus și mai înainte, că, departe de a fi un material pasiv și inert, macromolecula de proteină este un fel de mașină capabilă să pregătească descendenți după un anumit tipar. Mașină cu atît mai surprinzătoare dacă ne gîndim la miile de molecule din care e compusă celula cea mai măruntă! Dacă aceasta din urmă face parte, de exemplu, dintr-un fir de păr, toate moleculele ei proteice trebuie să producă același gen de proteină, acea *cheratină*[1] de care se ocupă cu atîta artă coaforii. Ne putem întreba, pe bună dreptate, cum pot atîtea muncitoare să lucreze într-o coordonare atît de perfectă fără ca nici uneia dintre ele să nu-i treacă prin gînd s-o ia razna.

CHEIA CODULUI GENETIC

Ați ghicit: ele sînt supravegheate de niște șefi, de niște ingineri, care le obligă să respecte cu rigurozitate planurile de lucru, schițele elaborate în birourile de studiu ale nucleelor. Pe acești ingineri i-am mai cunoscut: sînt genele. Fiecare dintre ele răspunde de o anumită caracteristică a ființei vii. Astfel, în celulele de cheratină există gene care obligă moleculele să facă părul creț sau drept, negru sau blond etc.; același lucru pentru culoarea ochilor, aptitudinile fizice sau

[1] Substanță proteinică, impermeabilă la apă, bogată în sulf, fiind totodată și substanța fundamentală a părului, unghiilor, coarnelor, copitelor, penelor.

intelectuale, toate aceste caractere fiind comandate de gene specializate.

De ce n-am mărturisi-o : acest mecanism de comandă ne uimeşte peste poate şi ne întrebăm cum poate biroul de studii al nucleului să întocmească planuri, să transmită moleculelor schiţele şi să urmărească apoi executarea acestora. Or, se pare că soluţia acestor teribile probleme a început să fie cunoscută în ziua de 30 decembrie 1961, o dată cu apariţia numărului din acea zi al revistei *Nature*.

Revistă ştiinţifică englezească, *Nature* este un fel de publicaţie oficială a ştiinţei europene. În coloanele ei se grăbeşte omul de ştiinţă să publice o notă, de îndată ce a făcut o descoperire, pentru a data evenimentul.

Aşadar, cînd a apărut numărul din 30 decembrie 1961, biologii au descoperit în el o comunicare pe care au citit-o mai întîi cu scepticism, apoi cu interes, şi pînă la urmă cu entuziasm. *Codul genetic* — anunţă revista — era pe cale de a fi descifrat. Comunicarea era semnată de confratele britanic Francis Crick (născut în 1916), de la Centrul de Biologie Moleculară de la Cambridge, şi de trei dintre colaboratorii săi. Crick, care împreună cu colegul său american James Watson (născut în 1928), descoperise în 1953 arhitectura internă a macromoleculei de ADN, era acum cunoscut de către toţi specialiştii.

Unui profan îi e greu să-şi închipuie senzaţia pe care a declanşat-o această notă în laboratoarele de biologie. A poseda cheia codului genetic însemna nu numai să cunoşti o parte din secretul vieţii şi al evoluţiei, dar şi să poţi acţiona asupra acestei evoluţii ; însemna să pui în mîinile savan-

ţilor posibilitatea de a comanda ereditatii, de a modifica descendenţa oamenilor vii, aşa cum credeau de cuviinţă, ba chiar, cine ştie ? posibilitatea de a crea viaţa după bunul loc plac !

Dar, aţi dori, probabil, să ştiţi cum era pusă problema.

Problema genetică este, în mare, cea a asemănării dintre părinţi şi copii, sau a conformităţii copiei cu tiparul, de-a lungul generaţiilor. Căci, în definitiv, nu e greu să te cuprindă mirarea văzînd cum o fiinţă vie transmite descendenţilor ei organe sau caractere copiate exact după ale sale. Trebuie să fii profan pentru a considera de la sine înţeles faptul că în organismul tatălui, apoi în al fiului, apoi în al nepotului şi în tot şirul strănepoţilor, cutare celulă continuă imperturbabil să fabrice proteine de cutare sau cutare fel ! Nu e de ajuns nici măcar să atribuim acest merit genelor : mai rămîne de ştiut cum îşi întocmesc acestea planul şi cum îl comunică apoi moleculelor de proteină, pentru ca acestea să-şi aşeze aminoacizii în cutare sau cutare ordine.

Schiţele sau, dacă preferăm, instrucţiunile pe care genele trebuie să le dea, sînt înscrise cu ajutorul a patru litere — patru „litere" care nu sînt decît cei patru compuşi chimici din care sînt făcute. Diversele aranjamente posibile ale acestor patru compuşi permit genelor să exprime un fel de mesaj codificat. Dificultatea în transmitere constă în faptul că proteina are, în ce o priveşte, un număr de 20 de compuşi (cei 20 de aminoacizi), dar putem admite, ca şi Crick, că fiecare dintre aceste douăzeci de „litere" este determinată printr-un grup de cel puţin trei „litere" ale ADN.

Transmiterea mesajului ridică şi ea o problemă. Iată cum se descurcă nucleul celular. El creează,

pur și simplu (?) prin sinteză, un alt acid nucleic, acidul *ribonucleic*, sau ARN. Acest acid este și el format din patru grupări chimice ; el poate fi deci însărcinat cu o copie a schițelor mesajului codificat. În concluzie, ADN-ul fabrică ARN-ul, lăsînd în schimb acestuia sarcina să fabrice proteina.

Cum fabrică ARN-ul proteina ?

Se crede că această sinteză are loc nu în nucleul celulei, ci în citoplasma care o înconjoară — mai precis, în niște mici particule aproape sferice, numite *ribozomi*, și formate — jumătate-jumătate — din ARN și din proteine. Ribozomii ; iată deci uzinele de fabricat proteine ! Aici ajung planurile de lucru care pornesc de la gene ; aici ar trebui să acționeze savantul, dacă ar dori să saboteze acțiunea naturii, să oblige uzinele să prepare altceva decît au decis genele.

Primii care au reușit, în 1961, să facă aceste uzine de proteină să lucreze la comandă au fost doi biologi americani de la Institutul din Bethesda, M.W. Nirenberg și J.H. Matthaei. Ei au reușit să acționeze asupra ribozomilor cu ajutorul unui ARN preparat de ei artificial, nu din cei patru compuși normali, ci din unul singur. Ei au obținut astfel o proteină sintetică constituită numai dintr-unul din cei 20 de aminoacizi. Reușita acestei experiențe dovedea exactitatea ipotezei pe care se bazase, și faptul că biologia nouă era pe drumul cel bun.

Marele biolog Francis Crick, care a primit în 1962 premiul Nobel — împreună cu prietenul său Watson și cu colaboratorul lor, fizicianul britanic Wilkins — scria în același an : *„Impresia generală este că biologia moleculară ajunge la capătul unei ere. Dacă descoperirea structurii ADN-ului a fost sfîrșitul începutului, descoperirea*

lui Nirenberg și Matthaei ar putea fi începutul sfîrșitului." Căci, dacă sîntem de acord că a fost găsit codul genetic, rămîne de rezolvat, cum spunea același savant, problema controlului genelor. Și nimeni nu se îndoiește de aplicațiile de uriașă importanță ce ar decurge din soluționarea acestei probleme. [1].

SECRETUL VIRUȘILOR

Să revenim acum asupra unui fapt capital menționat pe scurt la pagina 96 : în natură, în afara organismelor, circulă molecule de acizi nucleici, care poartă numele de viruși (fie că sînt molecule de ADN, ca în cazul gripei, fie că sînt molecule de ARN, ca în cel al poliomielitei). Așa cum am mai subliniat, spre deosebire de microb, care este o ființă vie complexă, formată din una sau mai multe celule, un virus nu este *nici măcar* o celulă. Dovada că el nu este decît o simplă particulă chimică a fost făcută în 1935 de către savantul american W.M. Stanley, care a reușit să-l cristalizeze.

Stanley opera cu virusul unei maladii a plantelor, numită *mozaicul tutunului*. Acest virus prezintă aspectul unui bețișor cu o lungime de 3/10 000 de milimetru și este făcut din 2 130 molecule de proteină dispuse în elice, înglobînd și ADN-ul. Faptul că acest cristal a fost măsurat cu exactitate și că s-a calculat masa lui moleculară (egală cu 39 200 000 !) dovedește că avem de-a face cu o substanță chimică... deși acțiunea lui asupra unei plante ne permite să-l catalogăm, cu tot atîta convingere, printre ființele vii. Ce altă concluzie

[1] Vezi nota de la p. 94.

am trage decît că virusul și omoloagele sale genele se află chiar la granița dintre lumea minerală și lumea vie, chiar la „capătul" vieții ? În 1955, un alt american, Fraenkel-Conrat, a reușit chiar să reclădească un virus sudînd cu ARN niște proteine.

Două tehnici experimentale, microscopul electronic și observarea cu ajutorul difracției a razelor X, au determinat în ultima vreme un salt considerabil în studiul virușilor. Nu vom mai vorbi despre microscopul electronic, care ne permite să beneficiem de măriri de aproximativ un milion de ori. Vom aminti, în schimb, că cel de al doilea procedeu dă omului de știință posibilitatea de a vedea așezarea moleculelor într-un „cristal" de virus, ba chiar să le măsoare depărtarea !

Caracteristica cea mai frapantă a virușilor fotografiați cu microscopul electronic este forma lor deosebit de geometrică. Elementele lor constitutive sînt înțesate într-o strictă simetrie și, în general, după părerea lui Crick și Watson, conform unui „sistem cubic", cum îl numesc cristalografii. Cel pe care englezii îl numesc *adenovirus*, de exemplu, cuprinde 252 proteine, dispuse în așa fel, încît să formeze un corp solid cu 20 de fețe (un icosaedru) ; cel al *herpesului* este un aranjament compus din 12 prisme pentagonale și 150 prisme hexagonale lipite unele de altele ; cel al *gripei*, dimpotrivă, arată fie ca o sferă grosolană, fie alungit. Cînd vei suferi de gripă, stimate cititor, să știi că o datorezi unei ființe chimice care nu măsoară mai mult de 8/1 000 000 de milimetru ; chiar amplificîndu-l de un milion de ori, microscopul electronic nu vi-l-ar arăta mai mare ca o bilă cu care se joacă școlarii.

Nu poate fi vorba să enunţăm aici toate varietăţile de viruşi, dar cum am putea trece sub tăcere rolul lor de temut pentru om, animal sau plantă ? Principiul activ al tuturor este acidul nucleic ; viruşii îşi datorează perversitatea puterii de autoreproducere a acestui acid, dar, cum acesta din urmă nu poate trăi singur, trebuie şi el să se agaţe de o celulă !

Astfel se explică, după cum am mai spus şi la pagina 96, teribilele ravagii pe care un virus le poate provoca în ţesutul viu atunci cînd reuşeşte să se infiltreze în el. Căci, dacă lupta pe viaţă şi pe moarte pe care el o angajează împotriva genelor legitime se încheie cu victoria sa, s-a zis cu organismul infectat. Odată instalat într-acesta ca la el acasă, el se grăbeşte să prolifereze şi să-l invadeze, omorînd celulele sănătoase.

Din ce în ce mai mult, părerile autorizate converg către ideea că una dintre cauzele acelui flagel mondial pe care-l reprezintă cancerul constă într-un fenomen de acest gen. Aşa cum declara profesorul Lacassagne la congresul de la Moscova, care a reunit în iulie 1962 peste şase mii de cancerologi din şaptezeci de ţări, *„specialiştii sînt din ce în ce mai convinşi că în numeroase cazuri cancerul are la origine un virus"*. Acest virus nu a fost încă descoperit — în afară de cîteva cazuri speciale — poate pentru că el dispare de îndată ce şi-a făcut isprava mişelească !

În ce constă isprava mişelească, adică punctul de plecare al cancerului, al acestei înmulţiri anarhice de celule, se ştie precis : în atacarea mecanismului genetic, în alterarea patrimoniului ere-

ditar, care devine vizibilă numai după ce virusul a dispărut.

În legătură cu aceste fenomene teribil de complexe, congresiștii de la Moscova au desfășurat un mănunchi impresionant de dovezi și documente. Nu se punea încă, din păcate, problema de a extrage pe loc din ele o metodă de tratament, dar, după cum asigura profesorul Blohin, președintele Academiei Sovietice de Științe Medicale, *„știința se apropie de stadiul în care soluția problemei nu mai e departe"*. Niciodată, de altfel, ofensiva împotriva cancerului n-a fost dusă cu trupe atît de numeroase, cu arme atît de noi și cu o cunoaștere atît de bună a adversarului !

UN BIOFIZICIAN DE ASTĂZI

Cunoașterea mesajului genetic, a modului de producție a proteinelor, a totalității reacțiilor chimice care stau la baza lor (fie că ele au loc într-o bacterie sau într-o ființă omenească), toate aceste cuceriri ale ultimilor ani ne duc la un nivel mult mai adînc al mecanismului vieții decît cel la care se oprea biologia de ieri. Ele ne permit să coborîm sub nivelul molecular. Așa încît ajungem să ne punem întrebarea : la urma urmei, dacă viața nu este decît un simplu fenomen fizico-chimic, baza trebuie căutată în mașinăria atomică ; „capătul" vieții trebuie să se găsească la nivelul atomului și al particulelor elementare !

În clipa de față, în diverse țări, oamenii de știință progresează cu pasiune spre acest scop exaltant : descoperirea mecanismului vieții, explicarea lui prin acele jocuri de electroni atît de familiare fizicienilor. Operă și metodă tot atît de di-

ferite de cele ale biologiei clasice pe cît de diferiți sînt cercetătorii de azi față de înaintașii lor! Operă și metodă în care ne vom iniția sumar, vizitînd două din laboratoarele care se ocupă cu aceasta și sunînd, pentru început, la poarta Centrului Nuclear de la Saclay.

Fizicienii și naturaliștii de ieri, cărora nu le plăcea să amestece genurile, s-ar fi mirat, ba chiar s-ar fi scandalizat, poate, la ideea că un centru de studii nucleare cuprinde un laborator de biologie. Știința de ieri era probabil mai simplă decît cea de azi, ori de mîine. Îi era de ajuns fizicianului să fie fizician, cu o umbră de matematică, iar naturalistul nu se sinchisea de altceva decît de clasificări *à la* Linné și de disecții de gîngănii.

Cum ar zice Molière, noi am schimbat toate acestea, și biologia, care se dezvoltă în institutele de avangardă, pretinde slujitorilor ei să fie nu numai citologi, ci și chimiști organici, fizicieni cuantiști, electroniști și puțin matematicieni. Ea le pretinde de asemenea să fie tineri. Mai mult ca oriunde, într-o știință nouă, valoarea nu așteaptă părul alb etc. Cînd ai ajuns la vîrsta la care sînt aleși academicienii, nu te mai însuflețește anticonformismul care duce la descoperiri și, chiar dacă mulți savanți nu ajung laureați ai premiului Nobel decît atunci cînd au părul alb, de cîștigat, ei îl cîștigă în tinerețe!

Toate aceste considerații ne scutesc de a-l mai prezenta pe profesorul Jean Coursaget, pentrucă el corespunde destul de bine acestor definiții preliminare.

Cum se poate lansa cineva într-o carieră de biolog, după ce a fost admis la École Polytechnique și la École Centrale? Poate influența familiei — o familie de medici — poate cea a doi savanți

biologi, Roger Heim, astăzi director al Muséumului și Louis Bugnard, directorul Institutului Național de Higienă, l-au determinat pe Coursaget să părăsească Politehnica. Fapt este că, după ce-și susținuse o teză de doctorat în fizică, el a susținut o a doua în medicină și apoi o a treia în farmacie.

Era spre sfîrșitul războiului. În 1945, tînărul nostru a fost trimis în Statele Unite în calitate de fizician biolog. Acolo și-a făcut ucenicia de om de știință, apoi, după doi ani, s-a întors în Franța și s-a apucat să caute un laborator. Din fericire, trecuse vremea cînd Pierre Curie implora guvernul să-i acorde un laborator, iar ministrul încerca să scape de el cu o decorație, ceea ce, evident, îl costa mai ieftin ; conducătorii Franței nu încetaseră totuși să se lamenteze, precum Harpagon, de fiecare dată cînd un savant îndrăznea să ceară mijloace de lucru.

Pe scurt, domnul Coursaget își înzestră singur laboratorul, ținînd legătură cu Institutul Pasteur. El ceru apoi credite Institutului Național de Higienă și Centrului Național de Cercetări Științifice. Un celebru fabricant francez de foiță de țigară, care dorea să-și utilizeze în mod inteligent fondurile „înghețate" în Statele Unite, îi dotă laboratorul cu un spectrometru de masă[1] și, astfel putu să se apuce de lucru. Pînă în ziua cînd Francis Perrin, care tocmai fusese numit director al Comisariatului pentru Energie Atomică, îi oferi să vină la Saclay să organizeze și să conducă un departament de biofizică.

De ce fel de cercetări era cel mai nimerit să se fi ocupat în această împărăție a științelor nucleare ? Desigur, de cele în care, mai mult ca oriunde, pu-

[1] V. pag. 164 (trimit. aut.).

tea folosi la maximum resursele științifice ale Centrului, cadrul său ideal, dimensiunile și personalul său, și, în primul rînd, radioelementii pe care acesta îi producea. Pe aceștia din urmă îi avea aici la îndemînă și îi putea folosi, chiar dacă nu erau sortiți să trăiască decît cîteva minute, în timp ce în orice alt laborator cercetătorul era condamnat să nu folosească decît acei radioelementi a căror viață activă poate număra ore sau zile. Domnul Coursaget își utilă deci laboratorul pentru aplicarea radioizotopilor în domenii variate ale biologiei moleculare. El își împărți personalul în cîteva echipe mici, de cel mult zece persoane, cuprinzînd atît biologi și medici, cît și fizicieni și chimiști și desemnă fiecăreia dintre ele un domeniu de cercetare bine determinat.

Nu vom urmări, desigur, activitatea fiecărui grup, căci peisajul i s-ar putea părea cititorului cam auster. Și apoi, nu e bine să vorbești dinainte despre descoperirile în germene ! Ne vom mulțumi deci să punem în lumină pe două dintre aceste grupuri, două dintre cele mai importante printre cele care utilizează radioelementele drept indicatori.

MECANISMUL VIEȚII

Este oare necesar să explicăm în ce constă această aplicație a radioelementelor ? Să amintim numai că un radioelement absorbit de un organism viu poate fi urmărit în toate transformările sale. Contorul Geiger ne permite să-l depistăm în orice combinație chimică ar intra, sub orice mască s-ar ascunde. În orice colțișor al corpului s-ar ghemui, el este descoperit, hăituit și dozat fără milă. „În-

semnat" cu o slabă proporție de radiofier, fierul înghițit de un bolnav este urmărit de-a lungul întregului ciclu metabolic, la fel ca și fosforul însemnat cu radiofosfor sau iodul însemnat cu radioiod — chiar dacă avem mai puțin de un atom de element radioactiv la un milion de atomi de element inert. În laboratorul de la Saclay se pot face asemenea măsurători în concentrații deosebit de mici. Pe de altă parte, folosirea unor fascicule intense de neutroni permite să se descopere în țesuturi prezența unor elemente chimice în cantități de ordinul unei zece-miliardimi de gram. Vă dați seama ce rol poate juca o tehnică atît de perfecționată atunci cînd se pune problema să scoatem în relief corpuri pe care organismul nu le conține decît sub formă de urme! Acesta este, concret vorbind, cazul *oligoelementelor*, aceste substanțe descoperite de Gabriel Bertrand, și care, deși sînt în proporții infime, joacă un rol esențial în fenomenele vieții.

Am mai putea pune la activul aceluiași laborator fenomenul capital semnalat de americanul David Rittenberg: o ființă vie nu este formată, așa cum se credea pînă acum, dintr-o parte ce se reînnoiește și una stabilă; ea se reînnoiește în întregime. Partea stabilă se schimbă și ea, într-un ritm de 10% pe zi, în cazul proteinelor din sînge, astfel încît întreg corpul nostru se schimbă din creștet pînă în tălpi în decurs de numai cîțiva ani. Iată pentru ce moleculele de acizi nucleici și de enzime din corp trebuie să lucreze fără încetare la fabricarea de proteine și de celule noi.

Evident, ne putem întreba „de ce această perpetuă înnoire"? De ce dispar și de ce trebuie înlocuite celulele noastre, sau mai bine zis macromoleculele din care sînt compuse? Oare pentru că se

uzează, ca un ceas sau un motor care a mers prea mult ? Deloc : o moleculă nu se uzează ; ea dispare, nu pentru că este „la capătul puterilor", ci pentru că este cuprinsă în proporția fatală pe care legile statisticii o sortesc în fiecare clipă nimicirii.

Mecanismul acestei înnoiri este acum studiat în detaliu, de un alt grup al laboratorului, în cazul concret al clorofilei. Clorofila : o cunoaște oricine : e acea materie organică care dă culoarea verde frunzelor din pom și ierbii de pe cîmp ; dar cui îi trece prin minte să-i admire subtila funcționare ? Căruia dintre noi îi trece prin minte, în timpul *week-end*-ului, la țară, că are în fața ochilor o imensă uzină, care, sub acțiunea luminii solare fabrică prin fotosinteză zahăr și oxigen din gazul carbonic din aer ?

Acestea însă nu sînt decît două dintre marile probleme studiate acum de echipele de biofizică ale domnului Coursaget. Ar trebui să vorbim și de cele pe care le pune membrana celulelor : cum poate o moleculă să treacă printr-o astfel de membrană, spărgînd blocada moleculelor exterioare ? Iată încă o enigmă, a cărei soluție constă în folosirea radioizotopilor, în cazul în speță : a sodiului și potasiului radioactiv. Cum se desfășoară transformările de energie în cadrul macromoleculei ? Prin ce mister prodigios are materia viață, adică : reacționează și își transmite reacțiile cînd este stimulată de o acțiune exterioară...

ABORDAREA ELECTRONICĂ A PROBLEMEI

Această problemă ne obligă să coborîm la un nivel și mai adînc, la nivelul la care nu mai există decît particule supuse exclusiv legilor cuantice.

Din moment ce constituția atomului și tranzițiile electronice ne furnizează explicația combinațiilor chimice, în definitiv, pentru ce n-ar furniza în același timp și explicația acelei chimii supreme care este viața, cu atributele ei : conștiința și gîndirea ?

Așa s-ar putea rezuma, într-o formă, din nefericire, foarte rudimentară și foarte aproximativă, concluzia spre care tinde echipa unui alt laborator parizian, cel adăpostit printre dependințele Muzeului Național de Istorie Naturală, condus de eminentul fizician Charles Sardon și animat de un cercetător extraordinar, de 37 de ani, pe nume Pierre Douzou.

Pe vremuri, chiar nu de mult, cariera unui om de știință se desfășura, mai ales în Franța, severă și rigidă, după o schiță bine pusă la punct. Încă din liceu, elevul era destinat să intre la École Normale Supérieure ; apoi, din catedră în catedră, neprevăzutul era exclus, pînă la Sorbona sau la Academie. Numai anticonformiștii notorii își permiteau să uzeze de scurtături sau de drumuri neumblate. Trebuia să fii un Claude Bernard pentru a debarca la Paris ca autor dramatic, avînd în brațe, închipuiți-vă, o tragedie în cinci acte... și să devii apoi un fiziolog ilustru. Or, în zilele noastre, excepția tinde oarecum să devină regulă ; pasiunea pentru știință și geniul descoperirii par să viziteze din ce în ce mai des nu numai pe elevii silitori, predestinați laurilor universitari, dar și pe cîte unii din afară, „microbiști" ai științei, avînd în general griji mult mai direct materiale decît pregătirea unui examen.

Așa s-a întîmplat și cu Pierre Douzou care, după luarea bacalaureatului, deși nu avea vreo predilecție deosebită nici pentru farmacie, nici

pentru viața de cazarmă, se trezi angajat în domeniul farmaciei militare. Avu noroc de superiori inteligenți — se mai întîmplă cîteodată — unii dintre ei fiind chiar oameni de știință autentici. Ei îl lăsară să prindă gust pentru fizică. Liber să-și ia zborul în direcții noi, tînărul savant nu întîrzie să se orienteze spre aplicarea mecanicii cuantice la problema vieții... și astfel îl regăsim astăzi, viu și plin de un entuziasm molipsitor, în fruntea unui laborator căruia îi imprimă dinamism și originalitate.

Cum a atacat, așadar, domnul Douzou faimoasa problemă ?

A început prin a observa, cum făcuse și chimistul ungur Szent-Györgyi, că, în molecula de proteină, viața se manifestă în modul următor : atingem această moleculă într-un punct și ea reacționează într-altul. Această caracteristică poate fi ilustrată prin exemplul următor : vă înțepați la deget și aveți (respectiv, sistemul dumneavoastră nervos vă transmite) o senzație de înțepătură. Cum se întîmplă așa ceva ? prin ce mecanism este transferată energia dintr-un punct al unei proteine într-un alt punct ?

Un transfer de energie... Oare natura neînsufletită nu prezintă și ea astfel de cazuri fără să fie amestecat aici vreun fenomen de senzație ? Ba bine că nu ! Este chiar cazul semiconductorilor.

Cuvîntul semiconductor este puțin cunoscut publicului, dar este de-ajuns să-i scriem sinonimul *tranzistor* pentru ca toată lumea să se simtă într-un domeniu binecunoscut. În realitate, sensul cuvîntului „tranzistor" nu este complet același pentru fizician și pentru un profan. Pentru acesta din urmă, el desemnează pur și simplu, un radioreceptor portativ foarte ușor, pe cînd, pentru cel din-

tii, el se aplică numai tipului de montaj electronic, care înlocuiește, în interiorul aparatului, vechile lămpi. În ce ne privește, este suficient să știm că în scopul satisfacerii gustului general pentru miniaturizare, se tinde acum să se înlocuiască, în toate aparatele electrice, clasicele tuburi cu electroni prin astfel de montaje cu tranzistori. Ele au aceeași eficacitate și sînt, totodată, mult mai ușoare și mai mici.

În realitate, tranzistorul este un minuscul cristal de germaniu, și rolul lui excepțional decurge din faptul că nu este nici bun conducător de electricitate (cum e cuprul), nici rău conducător (cum e ebonita). El este calificat drept „semiconductor", fiindcă poate totuși, în anumite ocazii, să transmită electricitatea : atunci cînd adună prin adsorbție[1] anumite impurități, ai căror atomi posedă electroni prea slab legați, gata să o ia razna. Acești electroni călători nu reprezintă altceva decît un transfer de încărcături electrice, deci de energie.

„Fenomenul de reactivitate a unei molecule vii nu prezintă oare multe analogii cu acest fenomen al semiconductibilității germaniului ?" Aceasta este întrebarea pe care și-a pus-o domnul Douzou. Ghicim dinainte consecințele răspunsului : dacă acesta este afirmativ, înseamnă că mecanismul vital se reduce la un mecanism electronic, supus mecanicii cuantelor, adică total și definitiv dezbrăcat de mister. Dar, răspunsul este oare afirmativ ? La cercetarea acestei probleme s-a înhămat tînărul savant.

Nu poate fi vorba să expunem aici ideile, atît de ingenioase, dar atît de complexe, care îl călău-

[1] A nu se citi : absorbție ! *Adsorbția* este o aderență absolut superficială (n.a.).

zesc pe domnul Douzou, dar putem cel puțin să notăm că ipoteza lui de bază rămîne această analogie între comportarea materiei vii și cea a semiconductorilor. Într-un caz ca și în celălalt este vorba de electroni migratori cărora nu le sînt deschise decît anumite căi și care trebuie să se supună unor legi foarte stricte. Comportare pe care nu putem, bineînțeles, să o studiem altfel decît prin experiență. Numai aceasta din urmă este în măsură să decidă dacă analogia este întemeiată și în ce sens se cade să fie modificată pentru a trece de la germaniu la ADN.

De la germaniu la ADN : enormitatea hiatusului este evidentă ca și enorma dificultate a sarcinii. Căci mai rămîne de dovedit dacă acidul nucleic se comportă într-adevăr ca un cristal ; din fericire, cunoaștem acum chiar în țesuturile vii acei viruși cristalizabili, despre care am vorbit, și care, supuși analizei prin difracția razelor X, prezintă atîtea urzeli, rețele și mozaicuri, încît te fac să exclami fără voie : „bine, dar ăsta e un pulover !“ Cu toate acestea, nu e ușor să faci experiența la o scară atît de mică. De aceea, domnul Douzou și echipa lui experimentează nu numai asupra moleculei înseși, dar și „la etajul superior“, de exemplu, asupra *purpurei retiniene*, acel pigment colorat care acoperă retina, sau a *cloroplastelor*, acele granule în care se ascunde clorofila din plante.

Experiențe a căror uimitoare varietate e greu de închipuit și care dau acestui laborator și personalului său un aspect oarecum insolit. Căci, dacă și așa e destul de neobișnuit să se utilizeze pentru aceeași lucrare de biofizică experimentală măsurători de conductibilitate electrică, de „rezonanță paramagnetică“ și de fluorescență, este poate

şi mai neobişnuit să vezi o echipă formată din matematicieni, electronişti şi medici şi care să fie totuşi omogenă. Într-o cameră, un observator notează într-un caiet o serie de măsurători de conductibilitate ; alături altul urmăreşte deplasarea lungii spirale de cuarţ a unei termobalanţe ultrasensibile ; alţii stau aplecaţi asupra microscoapelor sau mînuiesc eprubete de chimie : din această operă colectivă, multiformă, răbdătoare şi scrupuloasă, clădită fără grabă, cu minuţiozitate, se face încet-încet lumină asupra „marei taine".

...Deşi, trebuie să recunoaştem că nici după ce am coborît, ca acum, treptele succesive ce duc spre infinitul mic al vieţii, şi nici după ce am ajuns la răspîntia la care acesta se confundă cu infinitul mic al materiei neînsufleţite n-am aflat cine ştie ce. Căci viaţa este totuşi altceva decît nişte simple jocuri de electroni, şi ne putem întreba pe bună dreptate, ca şi Szent-Györgyi, citat de domnul Ştefan Lupaşcu, în ce fel astfel de jocuri *„creează viaţa, cum este transportată energia lor în forme variate de muncă... fie ele mecanice, electrice, osmotice..."*

Am pomenit numele lui Ştefan Lupaşcu, şi nu din întîmplare, fiindcă avem, în persoana lui, pe autorul celei mai recente teorii filozofice despre viaţă.

Cine-l cunoaşte pe Ştefan Lupaşcu ? Puţini profani, desigur, căci nu s-a făcut niciodată în jurul operei lui vîlva care s-a făcut în jurul atîtor cabotini ai ştiinţei sau filozofiei. Cititorii acestei cărţi vor afla cel puţin că acest savant, plin de perspicacitate, care surprinde cu agerime legăturile cele mai subtile dintre lucruri, este şi omul cel mai tenace din lume : de aproape treizeci de ani el construieşte, piatră cu piatră, edificiul teo-

riei sale — o teorie care, pentru a explica fenomenele, caută nu să le îndulcească contradicţiile, ci, dimpotrivă, să le accentueze pînă la explozie, făcînd să ţîşnească în cele din urmă din ele lumina lămuritoare.

Obligînd astfel contradicţiile şi antagonismele să lupte pieptiş, Ştefan Lupaşcu furnizează succesiv o explicaţie a cunoaşterii ştiinţifice, apoi a materiei şi, în sfîrşit, a vieţii [1]. După părerea lui, pentru a înţelege materia vie este mai puţin important să ştim ce este ea, decît ce face ea, ceea ce coincide cu părerea domnului Lwoff, citată la pag. 103. Or, tot ceea ce face materia vie ţine de legile fizice ale energiei : fiinţa vie nu este decît un „straniu, dacă nu monstruos pachet de energie" — energie consacrată în întregime asmuţirii unora împotriva celorlalte, a forţelor pe care le adăposteşte. Tocmai în această luptă continuă constă viaţa, lupta neputînd înceta decît atunci cînd antagonismele s-au potolit, cînd toate eterogenităţile care le-au dat naştere au dispărut, pentru a se contopi în marea omogenitate a lumii minerale şi a morţii. Dar oare Bichat nu definise şi el viaţa ca pe *„ansamblul funcţiunilor care rezistă morţii"* ?

ŞAH BOLILOR

Cînd fizico-chimic, cînd electronic, cînd filozofic, ce se va alege din aceste moduri variate şi convergente de a aborda marea taină ?

Într-un fel sau într-altul, această taină nu va întîrzia să fie pătrunsă, şi putem bănui de pe acum ce răsturnări va determina această revela-

[1] Ştefan Lupaşcu : *L'Energie et la Matière vivante* (Julliard, 1962) (n.a.).

ție în destinul oamenilor. Dacă, așa cum e probabil, mecanismul vieții se dovedește reductibil la un fenomen de cinetică chimică, traductibil el însuși într-o problemă de mecanică cuantică, vom vedea prăbușindu-se o bună bucată din zidul de mister care înconjoară viața pe pămînt. Căci cunoașterea naturii ei va duce desigur la cunoașterea originii ei, apoi la o încercare de a o recrea. De pe acum, fabricarea în laborator a materiei vii a încetat să mai fie o himeră ; sinteza anumitor proteine a și fost realizată și, așa cum scria biologul sovietic Ivahnenco, *„omenirea va ajunge să obțină, în mod artificial, întîi vegetale, apoi organisme animale. Se prea poate ca într-un viitor foarte îndepărtat, această cale să ducă la crearea unor ființe inteligente, care să fie ajutoarele omului"*.

Speranțe exagerate, desigur, care amintesc, trebuie să recunoaștem, de tabloul prea puțin atrăgător descris de Aldous Huxley în *Cea mai bună dintre lumi*, uzina de incubație umană și prunci fabricați în serie ; dar, e neîndoios, biologii viitorului vor căuta să-și utilizeze cunoștințele pentru a rezolva dificultățile demografice, pentru a îmbunătăți calitatea intelectuală și morală a indivizilor și a reduce cît mai mult inegalitățile naturale.

De altfel, fără a mai aștepta anul 2000, cîte binefaceri nu stau în puterea biologiei de mîine !

În primul rînd, se vor schimba înseși principiile terapeuticii : din moment ce se știe de pe acum că bolile provin din alterări biochimice fundamentale, prevenirea sau vindecarea lor vor trebui căutate la nivelul moleculei. Vom vedea dispărînd astfel infecțiile cu viruși, cărora le sînt consacrate de cîțiva ani încoace lucrări succesive, ca cele ale englezului Isaacs despre *interferon*, sau ale americanului Salk despre posibilitatea unui vac-

cin eficace împotriva *tuturor* virușilor. Vom asista probabil la succesul cercetărilor privind tratamentul cancerului, a cărei dezvoltare se încearcă astăzi să fie frînată, împiedicînd genele să se desfășoare și să se dedubleze.

Este de ajuns ca omul de știință să se poată instala la postul de comandă al genei ca el să poată porunci celulei să lucreze după cum crede el de cuviință, adică să combată malformațiile, să prevină anomaliile ereditare, și acționînd asupra acizilor nucleici să controleze pur și simplu mersul evoluției.

Cine nu-și dă seama în ce proporție considerabilă omenirea va fi afectată de un astfel de complex de realizări. Și cum să nu fii convins că această revoluție biologică a celei de a doua jumătăți a secolului va fi probabil mai importantă și mai bogată în consecințe pentru seminția omenească decît revoluția atomică de care a fost marcată prima jumătate ?

În ceea ce ne privește pe noi, exploratorii „capătului" științei, chiar dacă expediția noastră de recunoaștere la avanposturile biologiei moleculare nu ne-a permis să vedem „capătul" materiei vii, ea ne sugerează ideea că această materie vie ar putea să nu aibă în mod special un „capăt" și că, la bază „pur și simplu" ea se confundă probabil cu materia, avînd o constituție atomică și mișcări de electroni.

Expediția noastră ne-a arătat efervescența în care trăiesc la ora actuală cercurile biologice și care se manifestă sporadic de pe acum prin descoperiri uluitoare. Tot între 1913 și 1939, din apele adînci ale fizicii atomice ieșeau la suprafață, ca niște bășici pocnitoare, constituția atomului, echivalența materie-energie, izotopii, transmutările

provocate, radioactivitatea artificială, fisiunea uraniului, care anunțau, toate, ridicarea cortinei pentru era atomică.

Or, după cum vom vedea acum, știința atomică și nucleară pare să fi intrat într-o fază, dacă nu de calm, cel puțin de organizare, de cercetare ordonată și lipsită de senzațional. Biologia nouă, moleculară, cuantică, electronică este cea care are toate șansele să acapareze mîine primul plan al scenei și să influențeze foarte mult soarta oamenilor.

Acțiune binefăcătoare ? Cine se poate îndoi de aceasta ? Numai de s-ar îndoioșa acei zgîrie-brînză care dispun de fonduri și de-ar pricepe mintea lor că cercetarea fundamentală este aceea care formează temelia oricărei tehnici și a oricărei civilizații vii.

ADÎNCURILE MATERIEI

Molecula a marcat prima noastră oprire în expediția pe care am întreprins-o în sînul materiei spre „capătul" științei. Ea este cea mai mică particică a lucrurilor la scara noastră ; ea este aceea care le dă aspectul și proprietățile cunoscute de noi, și avem chiar posibilitatea să vedem cîteva specimene de moleculă la microscopul electronic. Odată terminată cercetarea acestui palier, vom părăsi lumea vizibilă și familiară nouă. Demonul lui Maxwell [1] ne ia de mînă și asemenea lui Mephisto din *Faust,* ne invită să pătrundem în imperiul lui.

Un imperiul al tenebrelor — din moment ce ochii noștri își pierd aici orice putere — situat cu totul în afara scării umanului și în care angrenajul rațiunii noastre nu întîrzie să scîrțîie, ca apoi să se blocheze. Mai exact, imperiul atomilor, care marchează al doilea pas al coborîrii noastre în infern.

[1] Savant scoțian, autorul teoriei electromagnetice a luminii (1831—1879).

Şi totuşi, înainte de a părăsi nivelul moleculei, o întrebare ne sîciie :

— Din moment ce intrăm într-o lume în care dimensiunile lucrurilor sînt mai mici decît undele luminoase, înseamnă că nu le putem vedea ; din moment ce sînt mai mici şi mai uşoare decît cea mai uşoară moleculă, înseamnă că nu le putem nici măsura, nici cîntări ; de unde putem şti atunci că există ? De unde putem avea certitudinea existenţei unui al doilea nivel, adică a unui univers mai ascuns şi mai îndepărtat de noi decît cel al moleculei ?

Pur şi simplu, pentru că această lume ne este revelată de nişte priviri mult mai ascuţite şi mai puternice decît ale noastre ; fiindcă se lasă măsurată, cîntărită şi manevrată de organe mult mai puţin grosolane decît ale noastre şi fiindcă, chiar dacă n-am vedea-o decît în închipuire, ea şi-ar da în vileag existenţa prin consecinţele ei. Trebuie să existe atomi şi nuclee din moment ce s-a inventat bomba atomică, făcînd din existenţa lor un postulat ! Dar la ce bun să convingem nişte oameni convinşi dinainte. Atomul nu era el încă de pe vremea lui Rutherford o realitate experimentală, aşa cum am explicat în capitolul întîi ?

HALTĂ LA NIVELUL ATOMULUI

Şi totuşi, dacă am vizita un laborator de fizică atomică din zilele noastre, l-am găsi desigur destul de diferit de laboratorul acestui mare pionier. Nu că dimensiunile acestuia ar fi extraordinare : numai cercetările de fizică nucleară necesită unelte uriaşe. Dar un astfel de laborator ne-ar arăta evo-

luția sensibilă a aparatelor utilizate de un Rutherford sau un Jean Perrin.

Căci, iată acei ochi, acele organe despre care vorbeam adineaori, mai pătrunzători, mai puțin limitați, mai puțin rudimentari ca ai noștri, care știu să vadă, să urmărească, să numere, să măsoare atomii și descendența lor de corpuscule variate!

Să ne amintim de camera lui Wilson cu care poate fi fotografiată traiectoria acestor particule. Ea s-a perfecționat, devenind „cameră cu bule". După ce a atins un volum respectabil — cea care capta razele cosmice la observatorul Pic de Midi avea o capacitate de 200 de litri — și a beneficiat din 1911 de o cantitate prodigioasă de inovații, camera lui Wilson cedează acum locul unui aparat întemeiat pe același principiu, dar mult mai eficace. În loc de a umple camera cu vapori de apă, fizicianul american Donald Glaser, care a primit pentru aceasta premiul Nobel în 1960, s-a gîndit s-o umple cu un lichid a cărui temperatură s-o depășească puțin pe cea de fierbere, în echilibru nestabil. O particulă electrizată o traversează? Ea declanșează o fierbere locală pe tot traseul ei și aceasta ne apare atunci ca un șir de mătănii din bule mici, ușor de fotografiat.

Iată pentru ce această cameră o înlocuiește treptat pe cea a lui Wilson. Totodată se depun eforturi pentru a o face cît mai sensibilă, astfel încît să înregistreze cel mai mare număr posibil de traiectorii clare. În acest scop, ea este înzestrată cu un lichid foarte fluid și i de dau niște dimensiuni vaste. Pînă nu de mult, se folosea propanul lichefiat care fierbe la minus 44°, acum însă se alege din ce în ce mai des hidrogenul, care fierbe la minus 253°. În ceea ce privește dimensiunile,

cititorul își va face o idee aflînd că la Universitatea din Berkeley (Statele Unite) camera cu bule dă clișee de 1,70 de metri lungime, iar cea din C.E.R.N.-ului (Geneva) — clișee de 0,80 de metri, că noua cameră a centrului nuclear englezesc de la Harwell conține 300 de litri de hidrogen lichid, față de 70 cîți conține cea mai mare cameră a centrului francez de la Saclay.

După camera cu bule care ne permite să vedem particulele (sau măcar urma lăsată de ele), „numărătoarele de gîngănii", cum li se spune, le recenzează în trecere. Nu vom vorbi numai de contorul Geiger, pus la punct din 1909 de către acel fost elev al lui Rutherford, pe care l-am întîlnit la pagina 49 ; ne vom pleca mai degrabă privirea asupra unui nou-venit, contorul lui Cerencov. Acesta este numele unui fizician sovietic care a primit în 1958 premiul Nobel pentru descoperirea, în 1934, a „efectului" care îi poartă numele. Nume și recompensă pe care confrații săi francezi le-au găsit cam abuzive deoarece „efectul Cerencov" fusese găsit și descris, în 1926, de electrocardiologul francez Lucien Mallet. Dar, probabil că Academia din Stockholm nu citește publicațiile științifice franțuzești.

Efectul Cerencov constă într-o frumoasă lumină albastră provocată, într-un lichid, de particulele cu energie înaltă. Utilizînd această lumină, contoare speciale permit detectarea particulelor foarte rapide și aprecierea energiei lor.

După camera cu bule și contorul Cerencov, ultimul venit din categoria detectoarelor de particule este „camera cu scîntei". De data aceasta, proiectul de depistat nu se mai deplasează într-un lichid : el trece printr-o serie de plăci de aluminiu verticale cufundate într-o atmosferă de neon. O

placă din două este adusă la un potențial electric de aproximativ 10 000 de volți. Este de ajuns, atunci, ca particula să se înființeze pentru ca, electrizînd atomii de neon din drumul ei, să provoace formarea de scîntei între plăci. Traiectoria ei se materializează, astfel, printr-un șir de puncte mici luminoase. Adoptarea de către un savant, pentru o anumită cercetare, a camerei cu bule sau a camerei cu scîntei nu depinde pur și simplu de modă sau de noutatea procedeului : de fapt, fiecare soi de aparat se potrivește mai cu seamă pentru o anumită problemă ; așa ne explicăm pentru ce fizicienii care au descoperit în 1962, la New York, dubla origine a neutrinului (p. 239), au utilizat pentru aceasta o cameră cu scîntei cuprinzînd 45 de plăci la o distanță de un centimetru unele de altele.

Nu vom adăuga la această prezentare de dispozitive diverse primitiva „drăcovenie" în care Rutherford își observa la început transmutările ; îi vom regăsi foarte curînd urmașii, ale căror dimensiuni au crescut într-atît, încît ne fac să ne gîndim la un microb care a dat naștere unui elefant. Ne vom opri mai ales asupra unor dispozitive mai deosebite pe care nu te-ai aștepta să le găsești aici și pe care le vom folosi îndată, și anume, generatoarele de unde ultrascurte, destinate să sondeze adîncul materiei, așa cum radarul sondează adîncul cerului.

ATOMUL ÎN 1963

Dacă ne vom aduce aminte că în 1913 existau atît camera lui Wilson cît și contorul Geiger și că concepția planetară a atomului era de acum în vi-

goare, cititorului i se va părea destul de normală afirmația că în 50 de ani știința nu s-a clintit din loc din acest punct de vedere...

Chiar dacă afirmația pare puțin hazardată, să ne gîndim că înfățișarea atomului, trasată de Rutherford și Bohr înainte de primul război mondial, continuă, în mare, să fie valabilă și în zilele noastre : nucleu central, electroni planetari și salturi ale acestora de pe o orbită pe alta care provoacă emiterea cuantelor de radiație. În fond, numai interiorul casei s-a schimbat ; ea a fost mobilată cu numeroase particule și antiparticule și în ea a fost descoperită comoara energiei nucleare ; fațada însă rămîne aceeași : la prima vedere, atomul din 1963 seamănă uimitor de mult cu cel din 1913.

Atomul, cea de a doua escală din călătoria noastră, continuă deci să ne apară ca un microcosmos, măsurînd în medie 1/10 000 de micron în diametru — ceea ce înseamnă că 10 000 000 de atomi ar încăpea înșirați în punctul care termină această frază. Masa celui mai ușor dintre ei, atomul hidrogenului, este de 238 de ori mai mică decît cea a celui mai masiv, atomul uraniului, asta ca să ne mărginim la elementele naturale. Și totuși, ar trebui vreo șase miliarde de miliarde de atomi pentru a echilibra într-o balanță adecvată miligramul de cerneală care a servit la imprimarea acestui punct. Dacă ne rezumăm la imaginea atomului-sistem solar, trebuie să ne închipuim nucleul ca pe un soare al cărui diametru variază între $2/10^5$ și $1{,}85/10^3$ de micron (de la hidrogen la uraniu), și pe electroni, ca pe niște planete cu același diametru, dar a căror masă este mult mai mică, așa cum s-a mai spus : a 1/1836-a parte din cea a nucleului de hidrogen sau a protonului.

Toate acestea erau cunoscute şi acum 50 de ani, dar, din 1925, mai ştim că nucleele, electronii şi diversele particule au şi o mişcare de rotaţie în jurul propriei axe. Această proprietate se numeşte *spin*, şi a fost descoperită de doi fizicieni olandezi abia trecuţi de 20 de ani, Uhlenbeck şi Goudsmit.

În ciuda acestei rotaţii şi a analogiei ei astronomice, să ne păzim de asemănările prea surprinzătoare ! E o imagine literară cît se poate de seducătoare să spunem că natura ar fi copiat sistemul solar pentru a inventa atomul, dar, cum se spune, ar fi prea frumos să fie adevărat ; am fi tentaţi să credem că natura n-are imaginaţie, or dimpotrivă, aşa cum ne asigură şi Pascal, *„spiritul osteneşte mai degrabă să conceapă, decît natura să producă"*.

Un fenomen ne atrage atenţia : pentru ce lumina unui tub cu neon este totdeauna numai roşie (desigur, în afara cazului cînd am modifica compoziţia sticlei) ? Pentru ce lumina unui tub cu argon este totdeauna violetă, cea a unei lămpi cu vapori de sodiu-galbenă etc. ? Întrebarea care poate fi formulată şi altfel, ţinînd seama de faptul că atomii emit lumină atunci cînd electronii lor sar de pe o orbită pe alta, situată mai în interior : cum se face că salturile electronilor unui atom de sodiu determină totdeauna aceeaşi radiaţie galbenă (adică unde luminoase avînd totdeauna aceeaşi lungime) ? Cum se face că tumbele electronilor unui atom de argon determină în permanenţă emiterea unor unde violete şi aşa mai departe ?

Intuiţia ne suflă : păi, dacă sar întotdeauna între aceleaşi orbite !

Fie, vom răspunde noi : să admitem că electronii atomului de neon sar întotdeauna de pe cutare pe cutare orbită ; dar de ce le ignoră pe celelalte ?

Pentru ce numai aceste două orbite sînt privilegiate? Este binecunoscut în domeniul astronomic că putem lansa sateliți artificiali care să graviteze la orice distanță de Pămînt ; este deci de mirare că nu se întîmplă la fel în domeniul atomilor.

Răspunsul ne este dat de mecanica ondulatorie. Asocierea electronului cu o undă sau pilotarea lui de către ea ne poate fi reprezentată de următoarea imagine foarte materială : un sclav (unda) este obligat să se învîrtă în cerc, ducîndu-și stăpînul (electronul) în spinare. Dacă termină fiecare rotație cu același pas ca pe cea precedentă (făcînd pași egali între ei), fără să fie nevoit să adauge vreo fracțiune de pas, cu alte cuvinte, dacă rotația lui măsoară un număr întreg de pași, el continuă să se învîrtă liniștit ; dacă nu, primește o ciomăgeală zdravănă. Este lesne de înțeles că, din toate cercurile posibile, sclavul îl va alege pe acela care măsoară un număr întreg de pași.

La fel și cu electronul. El se înscrie pe acele orbite în care unda asociată lui se cuprinde de un număr întreg de ori. Să luăm atomul cel mai simplu, cel al hidrogenului : unicul său electron poate gravita astfel pe orbita care măsoară exact o lungime de undă, sau care măsoară 2, 3 sau mai multe. Cum pe acestea din urmă el se află într-un echilibru instabil, profită de primul prilej pentru a recoborî pe traiectoria lui cea mai joasă. Tocmai în cursul unor astfel de salturi de pe orbita numărul trei pe orbita numărul doi, el se ușurează de anumite pachete de radiații care corespund fiecare unei anumite lumini roșii ; și tocmai din cauză că aceste salturi sînt, dintre toate, cele mai frecvente, hidrogenul, devenit luminescent, emite totdeauna

aceeași lumină roșie cu lungimea de undă de 0,65 micron.

Dacă această analogie a sistemului atomic cu sistemul planetar vă place, vă mai puteți întări convingerea cu argumentul că, în ambele cazuri, forța care leagă fiecare planetă de soarele ei (forța de gravitație, în primul caz, forța electrică, în celălalt) este atracția planetei către soarele ei. Iată de ce, pe Pămînt, este mult mai ușor să circuli de sus în jos decît de jos în sus ; în primul caz, de exemplu, pentru a ajunge din vîrful turnului Eiffel pînă la sol, n-ai, la urma urmei decît să-ți dai drumul ; pe cînd, pentru a merge de la sol pînă în vîrf, trebuie să iei liftul, care consumă o cantitate apreciabilă de energie electrică.

În cazul sistemului atomic, se întîmplă la fel : circulația este mai ușoară „de la o orbită mai îndepărtată spre o orbită mai puțin depărtată". Acesta este deci sensul în care au loc salturile electronilor generatori de radiații. Se poate spune că acești electroni coboară unul sau mai multe etaje, sau că ei trec de la un nivel superior de energie la un nivel inferior.

Gîndul care îți vine atunci în mod firesc în minte este următorul : „din moment ce îi este mult mai ușor electronului să coboare decît să urce, toți electronii unui atom trebuie să tindă să se îngrămădească la etajele inferioare, vreau să spun : pe orbitele cele mai apropiate de nucleu ?"

Ei bine, nu. Există o lege naturală, *principiul excluderii*, formulat în 1924 de fizicianul austriac Pauli, principiu care interzice electronilor să depășească un anumit nivel. Cînd o orbită și-a atins numărul de electroni, ea este saturată și nici un candidat nu mai este admis. În schimb, dacă ea mai are locuri disponibile, orice electron care trece

prin apropiere este invitat să umple vidul. Ne explicăm astfel, că, într-un atom bogat în electroni, aceştia ocupă în primul rînd nivelele mai joase, cele mai înalte fiind mai puţin, sau de loc, ocupate.

LA CE SERVESC ELECTRONII UNUI ATOM ?

Toate aceste consideraţii ar putea să-i pară cititorului de o abstracţie vertiginoasă, ba chiar prodigios de străine de umila şi materiala realitate. Lucru de mirare, uite că nu-i aşa ! Salturile electronilor şi principiul excluderii se află la baza celor mai elementare şi celor mai curente fenomene ! Lumina fluorescentă din apartamentele noastre se datoreşte faptului că fizicienii au elucidat perfect jocul electronilor de la un nivel la celălalt, iar apa de la robinet şi sarea de la băcănie există fiindcă principiul excluderii o permite !

Acest principiu este, într-adevăr, una dintre cheile chimiei. Vedeţi cît este de simplu : atomul de oxigen posedă două nivele de energie cu doi electroni pe nivelul interior şi şase pe nivelul exterior. Conform principiului excluderii, primul este saturat, al doilea nu : el mai are drept la doi electroni. De unde să-i ia ? E deajuns să treacă pe aproape doi atomi de hidrogen al căror nivel este de asemenea incomplet (el numără un singur ocupant în locul celor doi electroni admişi), pentru ca el să şi-i adjudece în mod deliberat. De aici decurge sudura celor doi atomi de hidrogen cu atomul de oxigen şi punerea în folosinţă comună a celor doi electroni, şi, iată că s-a născut o moleculă de apă !

Tot aşa, cînd un atom de clor, căruia îi lipseşte un electron, are ocazia să atingă în

trecere un atom de sodiu, a cărui orbită exterioară nu e mobilată decît de un amărît de electron singuratic în locul celor opt permişi de lege, atomul de sodiu se debarasează repede de acel electron, care tot nu serveşte la nimic singur, şi-l cedează atomului de clor. Iată deci originea unui corp la fel de banal ca şi apa, vulgara sare de bucătărie !

Să ne amintim că la pag. 87 recunoscusem molecula drept sediu al tuturor proprietăţilor corpurilor ; ne dăm seama acum că la rîndul lor toate proprietăţile moleculei apar în corola electronică a atomilor. Construcţia sus-numitelor molecule pe bază de atomi, combinaţiile lor chimice, pe scurt, tot ceea ce le priveşte se explică prin hărţuieli, ciocniri, captări, evadări de electroni. Toată această agitaţie a electronilor exteriori traducîndu-se la scara umană, prin vibraţii cu amplitudine de 1/1 000 pînă la 1/10 de milimetru.

Această vibraţie în sine nu are nimic misterios din moment ce ea este perceptibilă, nu cu ochiul, ci cu simţul tactil : ea ne dă o senzaţie de căldură, care nu e altceva decît o radiaţie infraroşie. Aşa încît, fie că simţiţi lîngă obrazul dumneavoastră temperatura unui fier de călcat, fie că vă ardeţi manevrînd un vătrai sau vă prăjiţi vara pe plajă, cauza comună este o vibraţie a moleculelor fierului, vătraiului sau a pielii.

Se poate întîmpla ca în urma unui tratament adecvat, lungimea de undă a acestor radiaţii să treacă la 1 mm, la 1 cm, la 1 m. Acesta este semnul că molecula nu se mai mulţumeşte să vibreze, că ea se învîrte şi în jurul ei însăşi, sau că unul din atomii ei ţopăie dintr-o poziţie într-alta. Atunci nu mai există radiaţie infraroşie : ea s-a metamorfozat pe nesimţite într-o radiaţie radioelectrică, cu alte cuvinte : în unde ultrascurte de radio. Este

de ajuns să le captăm cu ajutorul unui aparat de genul radarului și iată că avem posibilitatea să aflăm constituția moleculelor cutărui sau cutărui corp. Acesta este principiul pe care se bazează radioastronomia, așa cum vom vedea la pagina 308 : este vorba tot despre unde de ordinul centimetrului, decimetrului sau metrului, care aduc, cui știe să le primească și să le interpreteze, un veritabil mesaj emis de materia astrală.

Dar, să rămînem în domeniul atomic, din moment ce am început să-i surprindem tainele. Să reluăm imaginea atomului-sistem planetar, cu electronii-planete ce se învîrt pe orbite variate în jurul nucleului-soare. Din timp în timp, cîte un fenomen exterior, descărcarea electrică sau ridicarea temperaturii îi proiectează pe o orbită cu energie mai mare. După cum știm, echilibrul lor este instabil și ei nu întîrzie să recadă la nivelul lor normal. După cum mai știm, în timpul acestei căderi ei se descotorosesc de pachetul lor de radiații. Important e că pachetul nu este întotdeauna același. Cînd saltul este mic, cu alte cuvinte, cînd electronul cade un etaj mai jos numai, pachetul este mic și în consecință radiația are energie puțină ; ea apare ochilor noștri sub forma unui jet de lumină, vizibilă, de la roșu la violet. Astfel, cînd vedeți o flacără de culoare gălbuie, aceasta poate fi un semn că electronii elementului din care e format corpul în combustie nu efectuează decît salturi mici, de pe orbita exterioară pe orbita imediat inferioară. Dacă activați tirajul și flacăra devine albastră, asta înseamnă că ați obligat electronii să sară mai de sus și că, în consecință, ei s-au eliberat de un pachet de energie mai considerabil.

Aceasta înseamnă că radiația generată de salturile electronilor este încărcată cu o cantitate de

energie, cu atît mai mare, iar frecvența ei crește cu atît mai mult, cu cît salturile sînt mai ample. Exemplele în legătură cu această relație sînt nenumărate. Să privim o simplă lumînare ; temperatura flăcării este suficientă pentru a desprinde electronii mărginași din atomii fitilului, electroni care, întorcîndu-se la nivelul lor normal, produc o lumină galbenă cu minimă energie. Dacă înlocuim lumînarea cu un bec electric, încălzirea este mai intensă, electronii din atomii filamentului sar de mai sus și spectrul luminii se întinde atunci pînă la albastru. Să împingem mai departe excitarea atomilor — de exemplu : ridicînd tensiunea electrică cu ajutorul unui tub luminescent. Lumina depășește atunci albastrul, trece la violet și chiar la ultraviolet.

Pentru a merge și mai departe, tubul luminescent trebuie înlocuit cu un tub Crookes : în acest caz are loc bombardamentul anodului de către jetul catodic care smulge electronii cei mai apropiați de nucleul atomilor din anod. Saltul acestor electroni este atît de violent, încît pachetul lor de radiații nu mai este deloc vizibil și ne duce în plin domeniu al razelor X.

Și dacă am vrea să mergem și mai departe ? Se poate și asta. După ce vom fi smuls pînă și electronii cei mai din interior ai atomului, vom ajunge să atingem și să dizlocăm însuși nucleul. Din el țîșnește atunci fulgerarea mortală a razelor γ, dar asta e altă poveste.

...Acesta va fi episodul final al celei de a doua escale în drumul nostru spre „capătul" materiei, escală care ne-a permis să ne oprim asupra atomului și în cursul căreia am constatat în ce măsură acesta din urmă ne era accesibil. Atomul accesibil ? Bineînțeles, din moment ce el produce

lumină, căldură, raze X şi unde radiofonice ! Veţi fi, sperăm, din nou de acord cu noi asupra faptului că, dacă atomul este ascuns privirilor noastre, manifestările lui ne sar în ochi...

MEDITAŢIE LA PICIOARELE DONJONULUI

Da, sîntem departe de lumea vizibilă şi, o dată ajunşi pe tărîmul atomic, nu mai putem spera să recunoaştem ceva din universul nostru familiar. Trebuie să deducem de aici că voiajul nostru la capătul materiei s-a încheiat ? Să fi atins oare infinitul mic, şi să marcheze oare mecanismul atomic, cu nucleul şi electronii lui planetari, graniţa cognoscibilului ?

Sîntem tentaţi să răspundem da, căci, în sfîrşit, ce-am putea cere mai mult ? Nu şi-au dezvăluit oare aceşti electroni, care nu sînt altceva decît nişte infime părticele de electricitate negativă, fişa lor de identitate ? Iar acestui nucleu, nu i s-a descoperit oare de o jumătate de secol şi mai bine compoziţia din protoni, compoziţie cu atît mai complexă cu cît corpul în cauză este mai dens ? Cu toate acestea, după ce am sondat atomul şi am ajuns la nucleu, simţim o surdă nelinişte. Parcă am fi nişte cavaleri care, încercuind o fortăreaţă numită *Atom*, au trecut peste zidul de apărare pe care făceau de strajă electronii şi au reuşit să pătrundă în interior. A noastră-i fortăreaţa ? E de-ajuns să aruncăm o privire asupra turnului fortificat ce se înalţă în mijlocul ei pentru a răspunde nu.

Acest donjon central, cum să-l înfrîngem oare ? El este de zece mii de ori mai mic decît atomul însuşi, cu alte cuvinte, dacă ne-am închipui pe

acesta din urmă ca pe un cerc cu diametrul de 10 metri, bastionul-nucleu n-ar depăși un milimetru. Faptele ne-au dovedit că merită pe deplin să ne ocupăm de un lucru atît de mic și că avem chiar posibilitatea s-o facem. Cu toate acestea, este de admirat geniul și îndîrjirea primilor asediatori, care bătînd pasul pe loc la picioarele donjonului au găsit mijlocul de a-l cuceri.

Prima întrebare de pus era aceasta : din ce materiale este construit acest donjon ? Rutherford răspunsese : *„Din protoni, adică din nuclee de atomi de hidrogen"*. Lucrul părea evident. Cu nucleul lui, făcut din protoni pozitivi ce țineau în echilibru același număr de electroni negativi, acum atomul era neutru, ceea ce îi explica diferitele proprietăți. Existau, desigur, cazuri care puneau în încurcătură, cum ar fi cel al atomilor mari, în care echilibrul nu părea prea bine realizat, dar se presupunea că nucleul lor conținea cîțiva electroni în plus. Ce mai puteai dori ? Nucleul dădea impresia unei simple grămăjoare de protoni, ceea ce nu crea mistere și nu punea probleme. „Capătul" materiei era protonul, piatra din care era construit edificiul nuclear !

Evenimentele din 1932 dovediră că situația nu era chiar atît de limpede. 1932 înseamnă, desigur, criza economică din Europa, alegerea lui Lebrun în Franța, cea a lui Roosevelt în Statele Unite, moartea lui Aristide Briand, raidul Ameliei Earhardt, recordul lui Campbell în automobil ; dar însemna totodată, în Germania, surpriza celor doi fizicieni Bothe și Becker care descoperiseră o radiație necunoscută, foarte penetrantă, apoi, în Franța, confirmarea acestei descoperiri de către soții Joliot-Curie, și, în sfîrșit, la laboratorul Cavendish de la Cambridge, demonstrarea de către

Chadwich a faptului că această radiație nu era o radiație, ci, dimpotrivă, un flux de particule avînd aceeași masă cu a protonului, dar neutre. *Neutronul* își făcea intrarea în lume.

O intrare discretă, căci actul lui de naștere era un simplu comunicat apărut în numărul din 26 februarie al revistei *Nature*, comunicat pe care îl citiră numai specialiștii. Nimeni nu bănuia că această naștere avea să zguduie omenirea în ziua de 6 august 1945, dar ea îi tulbură totuși pe fizicieni : se obișnuiseră atît de bine cu ideea că natura era compusă, în ultimă analiză, din numai două particule fundamentale, protonul și electronul ! Ce căuta acest intrus într-o lume atomică în care nu-l poftise nimeni ?

„Din moment ce nucleul unor atomi ne face necazuri, să scoatem din el electronii pe care îi crezusem acolo și să-i înlocuim cu neutroni."

Aceasta a fost propunerea fizicianului german Heisenberg, îndată după descoperirea neutronului. Era o intuiție genială — lucru obișnuit la acest mare savant, care formulase, cu cinci ani mai înainte, faimosul „principiu al incertitudinii", folosit apoi de alții pentru a-i da gata pe partizanii bătrînului determinism ; și mai înainte cu doi ani, tot el creease o nouă mecanică cuantică, mai eficace decît cea a lui Bohr, deși mult mai abstractă. Să mai adăugăm că, la acea epocă, Heisenberg nu avea decît 23 de ani...

El revoluționa fizica maeștrilor la o vîrstă la care atîția alții sînt încă niște studenți oarecare, iar premiul Nobel avea să-i revină în 1933, în apropierea celei de a 32-a aniversări...

Imaginea pe care Heisenberg o propusese, aceea a unor nuclee construite exclusiv din protoni și neutroni, a fost primită favorabil. Ea explica ad-

mirabil constituția acestor nuclee și era de o asemenea exactitate, încît energia nucleară ar fi putut fi descoperită încă de pe atunci!

Energia nucleară! Acesta este, desigur, pentru un mare număr dintre contemporanii noștri, singurul obiectiv, singurul interes al tuturor acestor studii privind nucleul atomic. Este absolut naturală, trebuie s-o recunoaștem, tendința de a judeca importanța unei științe după aplicațiile ei: tot interesul pentru radium nu fusese oare, la vremea respectivă, redus la utilizarea lui împotriva cancerului?

Trebuie să acceptăm totuși ideea că, în materie de fizică nucleară, exploatarea energetică nu este singurul și unicul scop pe care și-l propun fizicienii. Independent de marile centrale în care se fabrică energia electrică nucleară — ca cea de la Marcoule, în Franța, sau Hinkley Point, în Anglia — există și centre în care se fac asupra nucleului cercetări dezinteresate. Faptul că aceste centre sînt mai discrete și mai puțin spectaculoase nu le micșorează importanța. Căci, în aceste sanctuare ale cercetării, hărăzite științei pure, se elaborează cunoștințele și aplicațiile de mîine. La Mol în Belgia, la Ispra în Italia, la Saclay în Franța, la Orsay, sau la Grenoble, continuă lentul asediu al donjonului.

VARIAȚII PE TEMA MATERIEI

...Un donjon a cărui construcție generală o cunoaștem, acum, grație lui Heisenberg. Astfel, nucleul atomului de hidrogen este făcut dintr-un singur proton; cel al atomului de heliu, din doi protoni și doi neutroni; cel al atomului de litiu,

din trei protoni și patru neutroni, și așa mai departe, pînă la uraniu, numărul protonilor crescînd cu regularitate pentru a atinge cifra de 92, iar cel al neutronilor ridicîndu-se pînă la 146.

Este important să notăm aici că nucleul este „materia" propriu-zisă — electronul nefiind, dacă ne aducem bine aminte, decît o particulă cu o masă mult mai mică. Așadar, fierul este fier, și hidrogenul, hidrogen, numai grație nucleelor lor. Dacă îi luăm hidrogenului unicul său electron, gazul obținut este tot hidrogen ; dacă sustragem fierului 10—20 din cei 26 de electroni ai săi, el rămîne totuși fier.

De fapt, e lucru curent să se sustragă unui atom unul sau doi din electronii lui : e de-ajuns o încălzire suficientă sau o excitație electrică intensă. Un atom astfel amputat se cheamă *ionizat*. Chiar și în viața de toate zilele, un atom ionizat nu e lucru rar. Priviți numai la filamentul becului dumneavoastră electric : încălzit la o temperatură de peste 2 000 de grade, acest filament nu-și mai poate împiedica atomii să-și piardă o parte din electroni ; același lucru se întîmplă, de altfel, în tuburile electronice ale aparatelor noastre de radio și în cele cu lumină fluorescentă, în al căror gaz cu presiune scăzută atomii sînt despuiați de corola lor electronică.

Desigur, această ionizare nu merge niciodată prea departe, în afara laboratoarelor speciale, fiindcă, dacă vrem să smulgem un număr din ce în ce mai mare de electroni, nu trebuie să ne zgîrcim la preț — vreau să spun : să punem în acțiune o energie termică (de exemplu) considerabilă. Natura nu este însă limitată, ca omul. În inima Soarelui sau în atmosfera lui se ating ușor milioane de grade ; pe de altă parte, spațiile interstelare

sînt brăzdate de radiații puternice trimise de stele, astfel încît, atît în primul caz, cît și în celălalt, atomii sînt, mai mult sau mai puțin, ionizați. Constatare care ne determină să conchidem că, în fond, în cea mai mare parte a universului, materia este, mai mult sau mai puțin, redusă la nuclee. Doar ici și colo, în cîte un cătun ca Pămîntul sau anumite planete, starea electrică și termică sînt suficient de temperate pentru a permite atomilor să-și păstreze în întregime podoabele lor electronice. Astfel, materia, așa cum o cunoaștem noi, nu este decît un simplu caz particular ; oriunde, în afara minusculei noastre moșii, intensa radiație a aștrilor o lasă în stare de nuclee aproape nude.

Astronomia ne oferă exemple frapante ale unei astfel de materii. În Soare, de exemplu. Acest glob este înconjurat de o atmosferă numită *coroană* ; gazul din ea este extrem de rarefiat și temperatura depășește un milion de grade. Atomii sînt astfel atît de bine ionizați, încît cei ai nichelului pierd pînă la 16 din cei 28 de electroni ai lor. Cînd ajunge în starea asta, un gaz nu prea mai seamănă cu un gaz obișnuit. De aceea i se și dă numele de *plasmă*, iar materiei i se spune *plasmifiată*.

Se poate întîmpla, de altfel, ca în loc să fie într-o stare de rarefiere extremă, ca în coroana solară, materia să fie, dimpotrivă, supusă unei comprimări excesive. Aceasta se întîmplă chiar în interiorul aceluiași Soare. În inima astrului, presiunea urcă la mai multe miliarde de atmosfere, iar temperatura la 14 milioane de grade. În aceste condiții, atomii sînt nu numai dezgoliți și dezagregați, dar sînt și îngrămădiți și înghesuiți unii în ceilalți. Această materie nu mai este plasmifiată ; ea este numită *degenerată*.

Materie degenerată, materie plasmifiată : între aceste două extreme își are locul umila noastră materie, cea a temperaturilor moderate și a presiunilor modeste, cu atomii ei drapați demn în costumul lor electronic de gală. Pe de o parte avem plasma, adică materia rarefiată și foarte ionizată, devenită prin aceasta o deosebit de bună conducătoare de electricitate. Putem spune, de fapt, că această plasmă formează un fel de a patra stare a materiei, în rînd cu starea solidă, cea lichidă și cea gazoasă. De aceea se recurge pentru a o studia la o știință creată special, și anume, *magnetohidrodinamica*, o disciplină cu nume teribil de barbar, dar al cărei punct de plecare sînt legile ultraclasice ale dinamicii gazelor, ale termodinamicii și electromagnetismului. Știință care nu are, de altfel, legătură numai cu astronomia și care se mîndrește cu aplicații mult mai pămîntești : dovadă, noile suduri industriale cu gaz plasmifiat, care ating pînă la 15 000°.

Să adăugăm, în paranteză, că magnetohidrodinamica apare drept singura tehnică capabilă să stăpînească energia termonucleară, replica pașnică a redutabilei bombe H. Într-adevăr, cum această energie nu se poate manifesta decît la temperaturi de milioane de grade, hidrogenul care îi servește drept „combustibil" se află în stare de plasmă. Ceea ce împiedică volatilizarea instantanee a aparatului în care se produce reacția este o proprietate nesperată a acestei plasme, materia plasmifiată ținîndu-se, din proprie inițiativă, la o distanță respectuoasă de pereți.

Pe de o parte materia „terestră", deci acea materie plasmifiată ; pe de alta : materia degenerată. În cazul acesteia din urmă, nici o speranță să poată fi fabricată în această lume : am avea nevoie de

presiuni învecinate cu cele care domnesc în inima Soarelui ! Dar, dacă fizicienii au renunțat la ideea de a putea cîntări vreodată în mînă o bucată de asemenea materie, aceasta nu-i împiedică *să vadă* mostre din ea, ba chiar să le observe proprietățile. Să nu uităm, în fond, că ei nu sînt cîtuși de puțin sechestrați în laboratoarele lor și că pot deveni astrofizicieni, avînd astfel în vîrful telescoapelor lor acele laboratoare extraterestre cu temperaturi înalte pe care le reprezintă stelele. Ei au astfel deplină libertate de a descoperi în cer mostre de materie degenerată.

În jurul frumoasei stele Sirius, de exemplu, se învîrte o stea satelit, mult mai mică și mai puțin strălucitoare, care, în lipsă de alt caracter original, îl are pe acela că e făcută dintr-o astfel de materie. Atomii ei sînt atît de goi și de înghesuiți, încît, dacă s-ar pune un centimetru cub din această stea pe talgerul unei balanțe, aceasta ar marca 730 kg ! Și nu este acesta recordul, din moment ce, după domnul Schatzman, steaua Van Maanen 2 ar atinge densitatea fabuloasă de 30 tone pe centimetru cub ! O bucată groasă cît un pumn ar cîntări cît turnul Eiffel !

Nu, știința n-a ajuns încă pînă acolo încît să fabrice materie degenerată, ea știe în schimb să manevreze cu virtuozitate protonii și neutronii nucleului. Ea este capabilă să-i smulgă sau să-i adauge nucleului, obținînd astfel nuclee care nu sînt, cum ar spune poetul, nici cu totul ei înșiși, nici cu totul altcineva. Un neutron în plus sau în minus e puțin lucru : aceasta nu schimbă nimic în structura elementului, nici în anturajul lui de electroni ; dar este suficient pentru a face din el un nucleu diferit, care este un *izotop* al primului. Adăugați un neutron în nucleul atomului de hidrogen

și veți avea hidrogen greu, *deuteriu*; scoateți trei neutroni din nucleul atomului de uraniu, care are 146, și veți transforma uraniul obișnuit în uraniu ușor — izotopul cu masa 235 care servește la fabricarea bombelor atomice.

Adăugarea sau suprimarea protonilor este de altfel posibilă în egală măsură cu ajutorul unor aparate variate. Pentru aceasta se folosesc marile „acceleratoare de particule" — ca cel de la Saclay, pe care îl vom vizita îndată — și se obține o bucată mai mult sau mai puțin grea dintr-un element nou. Astfel au reușit chimiștii nucleari să prelungească lista celor 92 de elemente naturale și să le adauge, de la ultimul război încoace, o duzină de *transuraniene* (elemente situate dincolo de uraniu).

Dintre aceste transuraniene, primele descoperite au fost elementele 93 *(neptuniu)* și 94 *(plutoniu)*, acesta din urmă fiind fabricat astăzi cu chintalele; au urmat 95 *(americiu)* și 96 *(curium)*, pe care Statele Unite își propun să le producă cu kilogramul; al 97-lea *(berkelium)* și al 98-lea *(californium)*, care nu sînt încă obținute decît cu miligramul; al 99-lea *(einsteinium)*, al 100-lea *(fermium)*, al 101-lea *(mendeleevium)*, al 102-lea *(nobelium)* și ultimul, al 103-lea *(lawrentium)*, obținut în 1961, adăugîndu-se 5 protoni și 2 neutroni nucleului de californium.

După cum s-a arătat destul de des, a fost realizat astfel visul vechilor alchimiști. Vis transformat și amplificat, de vreme ce, în loc să creeze aur — operație înfăptuită încă din 1947 prin transmutarea mercurului, — omul creează în zilele noastre corpuri mult mai utile, generatoare de energie și de prestigiu. Pentru aceasta este de altfel nevoie de o putere ceva mai mare decît a lui Hermes Trimegistul și de o știință incomparabilă cu cea

a lui Cagliostro. Chiar bunul Jérome Coignard ar fi fost incapabil să-şi închipuie maşinile împunătoare şi bubuitoare de la Berkeley, pe vremea cînd, instalat la masa birtului de la „Regina Pédauque", traducea din Zosim făcătorul de aur.

ASEDIUL DONJONULUI NUCLEAR

Unul dintre ultimii alchimişti ai secolului al XX-lea — căci mai există şi aşa ceva ! — domnul Jollivet Costelot, acuza pe „transmutatorii" nucleari de a opera într-un mod mult prea brutal, ceea ce îl determina să prefere metoda lui, fondată pe utilizarea argintului, a sulfurii galbene de arsenic şi a clasicului athénor. Trebuie să recunoaştem că nu greşea chiar aşa de rău ! A bombarda un nucleu cu protoni şi neutroni, pentru a-l face să explodeze şi a-l converti într-un alt nucleu, e oarecum acelaşi lucru ca şi cînd ai trage asupra unui donjon cu un mortier greu, în speranţa că stricăciunile vor da la iveală ceva nou. Căci ştiinţa nucleară n-a ajuns deocamdată decît la această tehnică barbară ; interiorul bastionului este, pentru ea, plin de mistere, dar, pentru a-i afla sensurile ascunse, ea nu posedă alt mijloc mai rafinat decît să-l copleşească cu obuze de toate calibrele, pînă la demolare.

Ne putem întreba : la ce bun ? Da, la ce bun să pui la bătaie o artilerie ultraputernică de ciclotroane şi sincrotroane ca să asedieze nucleul ? Nu ştim oare despre el tot ce este util să ştim, cu alte cuvinte, că nu este, în fond, decît o îngrămădire de protoni şi neutroni ?

Iată că nu, tocmai ! Savantul n-ar mai fi savant dacă n-ar încerca să ridice perdeaua în spatele

căreia se întîmplă ceva. Nucleul nu este o îngrămădire pasivă ; în primul rînd, protonii și neutronii lui seamănă într-atît între ei — cu excepția încărcăturii electrice și a unei mici diferențe de masă [1] — încît, după toate probabilitățile, trebuie să fie vorba despre o aceeași particulă, *nucleonul*, care se transformă în protoni, sau în neutroni, după cum își capătă sau își pierde încărcătura ; apoi, în loc să fie o grămadă compactă, bastionul ne apare mai degrabă găunos, dacă se poate spune, deoarece nucleonii se dedau în interiorul lui unor sarabande suspecte. Căci, dacă am putut nutri un anumit timp iluzia că acest nucleu reprezenta „capătul" științei și străfundul materiei, acum trebuie să o lăsăm mai moale. Donjonul nuclear se dovedește a fi în realitate o construcție foarte complicată.

Ajungem în fața lui, îi dăm ocol, îl examinăm cu atenție, și întrebările ni se îmbulzesc în minte : dacă el este făcut din protoni, iar aceștia sînt cu toții încărcați cu electricitate pozitivă, cum pot ei forma un edificiu stabil, de vreme ce, conform fizicii clasice, încărcăturile electrice cu același semn se resping ? Cum pot, pe de altă parte, neutronii nucleului să rămînă sudați între ei și cu protonii, din moment ce n-au nici un fel de încărcătură ? Nucleonii sînt oare lipiți unii de alții indiferent cum, sau protonii și neutronii sînt organizați separat, conform unor structuri fixe ? În sfîrșit, ce formă poate avea acest ansamblu ? Nucleul nu este oare decît o sferă mică ? Este oare alungit, în formă de pară, sau cum ?

Pentru a răspunde acestor întrebări diferite, singurul mijloc posibil rămîne să sondăm nucleul,

[1] Această masă este aproximativ $1{,}67 \times 10^{-24}$ de grame (n.a.).

ațintind asupra lui, după cum se știe, jeturi de proiectile sub unghiuri variate. Norocirea este că bastionul nuclear este foarte bine apărat împotriva acestui gen de ofensivă. Încărcătura totalizată de ansamblul său de protoni îi crează un fel de armură care se opune viguros asaltului proiectilelor electrizate pozitiv. De aceea, pentru a înfrînge această rezistență, proiectilele trebuie să fie lansate cu o mare putere ; numai cu această condiție sînt ei capabili să pășească peste „bariera de potențial" a bastionului, să pătrundă în interior și să iasă trăgînd după ei cioburi a căror analiză ne va da informațiile căutate.

Iată pentru ce, dacă vrem să știm ce se întîmplă în sînul nucleului, trebuie să dispunem de o artilerie atomică, aprovizionată cu obuze de diferite calibre (protoni, nuclee de heliu, electroni) și de puteri variate.

În vizită la sondorii de nuclee

Nu sînt decît 11 km. în linie dreaptă între mînăstirea din Port-Royal, din care a pornit, în vremea lui Ludovic al XIV-lea, ofensiva jansenistă, și Centrul de studii nucleare de la Saclay. În timp, sînt trei secole. Din schimnicia în care domnea despotic maica Angélique au rămas doar niște urme printre care răsună duminica risetele parizienilor cu chef. Saclay, dimpotrivă, se lăfăie alb și nou pe platoul nud, măturat de vînt, sfîșiind cu ciudatele sale construcții în formă de cuburi, de turnuri sau de coșuri, liniștita și discreta armonie a regiunii Ile-de-France. Trecutul, viitorul : o antiteză prea facilă, la care se gîndesc probabil prea puțini dintre cei care trec succesiv prin fața fos-

tei mînăstiri și a Centrului, într-atît umbrește acesta din urmă totul prin însăși prezența sa.

Saclay : Centrul francez de cercetări nucleare fundamentale pe care comisariatul pentru energia atomică a început să-l construiască în 1949 în vecinătatea văii Chevreuse ; o suprafață de 130 de hectare — o șesime din pădurea Boulogne — cuprinzînd 180 de mii de metri pătrați de clădiri și o populație de peste cinci mii de persoane. Pe scurt, un oraș al științei, atît de întins, încît nu se poate circula în el decît cu mașina, și în care trebuie să parcurgi aproape un kilometru pentru a merge de la *Saturn* pînă la Laboratorul de foarte înaltă activitate, sau de la acceleratorul liniar pînă la *Proserpina*.

Primul aparat al centrului a demarat în 1952 : era cel de al doilea generator atomic francez, fiul umilei Zoe. După zece ani, Saclay-ul numără alte șase pile, care servesc de altfel mai degrabă pentru pregătirea inginerilor de geniu atomic, decît pentru cercetările savanților ; vin apoi acceleratoare de particule, laboratoare cu înaltă activitate (de 500 și 10 000 de curie), o mulțime de alte laboratoare și servicii anexe, ba chiar și o centrală termică. Dar, din tot acest ansamblu, nu ne interesează acum decît artileria nucleară. Artileria nucleară : adică acceleratoarele de particule care cuprind aici două aparate Van de Graaff (perechi de coloane cu bule, dintre care una a fost multă vreme expusă la Palatul Descoperirilor), un accelerator liniar, un ciclotron și faimosul sincrotron cu protoni, botezat Saturn.

Saturn : iată-l încolăcit în vasta sa incintă — un inel metalic enorm, de 17 metri lățime, așezat pe sol, într-o pădure de aparate și de cabluri. În acest inel se injectează în chip de proiectile un flux de

protoni ; antrenați într-o accelerare din ce în ce mai intensă, aceștia se învîrt, se învîrt, din ce în ce mai repede și, atunci cînd au atins viteza și energia maximă, sînt lansați asupra nucleelor de bombardat.

Desigur că în fața unei astfel de mașinării misterioase ați dori explicații ceva mai puțin sumare. Nu e însă greu de înțeles că pentru a străpunge donjonul nuclear și pentru a smulge din el țăndări, protonilor-proiectile trebuie să li se imprime cea mai mare viteză posibilă. Mijlocul de a le imprima această viteză a mai fost indicat aici : trebuie să-i facem să „cadă" de la cea mai mare diferență de potențial realizabilă. Închipuiți-vă, de exemplu, două sfere încărcate cu cîte 500 000 de volți, una cu electricitate pozitivă și cealaltă cu electricitate negativă ; dacă dintr-una din ele va fi emis un jet de particule electrizate acesta va fi atras de cealaltă sferă și se va repezi asupra ei cu un elan corespunzător unei diferențe totale de potențial de un milion de volți. Vom dispune astfel de o sursă de proiectile cu energie înaltă.

Chiar așa și funcționează generatorul modelului Van de Graaff. Puterea lui mică — nu ajunge decît la cîteva milioane de volți — nu-l mai recomandă în zilele noastre decît pentru roluri secundare, dar ne este foarte util pentru a pricepe cum este măsurată energia acestui gen de mașini.

Din moment ce în cercetarea nucleară se cer mijloace de sondaj de o putere foarte variată, relativ slabe pentru spargerea unui nucleu fragil, și foarte mari dacă ne propunem să concentrăm energia necesară creării de anti-particule (vezi p. 180), cititorul bănuiește, desigur, că trebuie să existe și un mijloc de a transpune în cifre această putere. Să presupunem, pentru aceasta, că un elec-

tron „cade" de la o diferență de potențial de un volt ; se spune atunci că energia sa este de un *electron-volt*, exact așa cum energia unui kilogram care cade de la un metru este un kilogram-metru. Electronul-Volt (prescurtat *eV*) este deci unitatea de energie utilizată în fizica nucleară. Este o unitate foarte mică, din moment ce avem nevoie de 628 de miliarde pentru a face un erg, și 22 500 000 de miliarde de miliarde (225×10^{23}) pentru a face un kilowatt-oră ; chiar și particulele emise de radioelementii naturali au energii de 1 000 000 de ori mai mari. De aceea, în practică, se folosesc mai ales multiplii ca *mega-electron-voltul* (un milion de electroni-volți sau 1 *MeV*), și *giga-electron-voltul* (un miliard de electroni-volți sau 1 *GeV*).

Faptul că un accelerator de tipul Van de Graaff nu putea furniza decît energii de cîțiva MeV arată cît de necesară era, în clipa cînd fizicienii s-au apucat să dizloce nucleele grele, utilizarea unor dispozitive mai eficace.

Să fi mărit încărcătura fiecărei sfere ? Nici nu putea fi vorba de așa ceva, sferele lăsînd să curgă energia pe toate părțile, ca niște burdufe vechi prea pline, pierzînd astfel în aer milioane de volți.

— În loc să obținem accelerarea printr-o enormă și unică diferență de potențial, au propus unii atunci, pentru ce n-am provoca-o printr-o avalanșă de diferențe de potențial ? Fiecare dintre acestea ar putea fi moderată, dar ar contribui cîte puțin la mărirea vitezei.

Așa a fost inventat *acceleratorul liniar*. Particulele parcurg aici o serie de tuburi rectilinii în care li se aplică, de fiecare dată, cîte o „lovitură de bici", electrică, făcîndu-le să alerge din ce în ce mai repede. La laboratorul de energii înalte din

Orsay, în apropiere de Paris, există un accelerator de acest fel. Este acceleratorul liniar, cel mai puternic din lume, cu o lungime de peste 100 de metri și o putere de 1,3 GeV. Universitatea americană din Stanford este de altfel pe cale de a construi unul de trei kilometri lungime, care va atinge vreo 30 GeV.

Din nefericire, după cum se vede, pentru a ridica puterea unui astfel de aparat este necesar să-i mărim numărul de tuburi. Ansamblul atinge, astfel, în scurtă vreme, o lungime exagerată.

— Să nu mai construim acceleratoare în linie dreaptă, au sugerat atunci savanții, să le facem în cerc.

Aceasta este originea *ciclotronului*. Particulele sînt închise de data aceasta într-o cutie rotundă și se supun unui cîmp magnetic care le obligă să se învîrtă precum niște cai într-un manej. De două ori, la fiecare ocol, ele primesc o lovitură de bici dată de un cîmp electric alternativ. Accelerate astfel, în salturi, ele ating ținta în plină viteză.

Ocupînd mult mai puțin loc decît acceleratorul liniar, ciclotronul este însă și mult mai puțin puternic.

— Asta să fie nenorocirea, va spune poate cititorul, n-avem decît să lăsăm proiectilele mai multă vreme : ele vor căpăta o viteză mai mare și, deci, o cantitate mai mare de energie.

Dar raționînd astfel, uităm că odată cu viteza lor crește și forța centrifugă căreia îi sînt supuși și că în consecință crește și raza traiectoriei lor. De fapt, ele descriu o spirală, dacă am vrea să le lăsăm să se învîrtă suficient, ar trebui să le aplicăm, pentru a le menține în circuitul lor, un cîmp magnetic absolut prohibitiv. Să ne gîndim numai că pentru a crea cîmpul magnetic al ciclotronului

de la Saclay, de 6 MeV, este necesar un electromagnet care cîntăreşte nici mai mult nici mai puţin decît 270 de tone! Cel al ciclotronului de la Berkeley, de 420 MeV, atinge, de altfel, 3 700 de tone...

De aceea, în ultimul episod al acestei curse a marilor energii s-a hotărît ca particulele să descrie simple cercuri, iar cîmpul magnetic să fie intensificat treptat pentru a învinge forţa centrifugă în creştere. Aceasta este originea *sincrotronului*. Aşa au apărut cele mai uriaşe spărgătoare de atomi, cele de la Saclay (3 GeV), de la Berkeley (6 GeV) de la Dubna (URSS, 10 GeV), cel al C.E.R.N. de la Geneva (28 GeV), cel de la Brookhaven (30 GeV), pentru a nu vorbi de mastodonţii în curs de construcţie sau proiectaţi în Uniunea Sovietică sau în Statele Unite [1].

SATURN ŞI FRAŢII LUI MAI MARI

Să nu credeţi, de altfel, că noul-venit îi face inutili şi perimaţi pe strămoşii săi enumeraţi mai sus; de fapt, aceste diferite tipuri de acceleratoare continuă să fie folosite; fiecare se potriveşte mai bine pentru un anume domeniu de energie, cutare dintre ei convenind, de exemplu, perfect sectorului de la 1 la 10 GeV, în timp ce cutare altul este indicat mai ales de la 1 la 100 MeV.

Sincrotronul de 3 GeV de la Saclay este faimosul Saturn şi orice curios se poate duce, cu permisiunea direcţiei centrului, să-l viziteze în cuşca lui betonată. Să nu uităm că fasciculul de protoni care ţîşneşte din el şi care străpunge nucleele

[1] Acceleratorul de particule de la Serpuhov — U.R.S.S., construit ulterior, are o putere de 76 MeV.

aproape fără să bage de seamă, ar face același lucru cu cele ale atomilor din care e făcut corpul nostru, dacă acesta ar avea ghinionul să i se nimerească în cale. De aceea, el nu este manevrat decît la adăpostul unui zid gros de beton.

În acest tor cu diametrul de 17 metri este așezat tubul de accelerare în care se învîrt protonii. Acest tub este, el însuși, larg de 50 cm și înalt de 10. În el domnește un vid de 5/1 000 000 de milimetru de mercur, iar proiectilele fac două milioane și jumătate de ture înainte de a fi împinse spre țintă. Aceste două milioane și jumătate de ture, care reprezintă un traseu de peste 133 000 de kilometri, nu le iau totuși decît 8/10 de secundă... Prețul de cost al lui Saturn în întregimea lui — vreo 90 milioane de franci — nu este important decît dacă îl comparăm cu cel al întemeietorului speciei, primitiva mașinărie din 1919 pe care am văzut-o mai înainte în mîinile lui Rutherford.

De altfel, Saturn este departe de a fi cel mai mare spărgător de nuclee, și am avea ocazia să vedem unul mai puternic dacă ne-am duce în URSS să vizităm Saclay-ul sovietic.

Să ne închipuim un încîntător orășel nou-nouț, la 130 de kilometri de Moscova, pe rîul Dubna, un orășel cu vile și prăvălii împrăștiate pe o rază de 30 km pătrați, printre pădurile de pini și de mesteceni. Se numește Dubna. Umbră, turme, pacea unui colț de țară liniștit. Cine ar putea bănui că trecătorii nu sînt turiști sau oameni în vacanță, ci oameni de știință care se duc la lucru și că edificiul ce se zărește pe deasupra pomilor nu este un cazino, ci sălașul unui spărgător de atomi gigantic ?

Dubna ? Complexul atomic al Uniunii Sovietice și al celor zece parteneri ai săi din răsărit, o așezare de vreo zece mii de locuitori a căror activitate gravitează în întregime în jurul Institutului unificat de cercetări nucleare.

Faptul că Dubna a fost creată grație unei investiții inițiale de 500 de milioane de ruble nu ne miră din partea unei țări al cărei buget științific anual se ridică la 30 de milioane de ruble și nu putem decît să admirăm faptul că în 1957 fizicianul sovietic Veksler a reușit să pună în funcțiune un accelerator de particule care dubla dintr-o dată recordul de putere al epocii.

Colosul, iată-l, încolăcit în arena lui. Cîntărește 36 de mii de tone — cît un cuirasat ! Ca și cel de la Saclay, el este un inel de oțel, avînd însă un diametru exterior de 70 de metri și o înălțime de aproape 5 metri. 150 000 de aparate anexe permit urmărirea horei protonilor și corectarea distorsiunilor accidentale ale cîmpului magnetic. Această horă, a cărei pornire este anunțată prin semnale luminoase care gonesc pe toată lumea din incintă, nu durează decît ceva mai mult de 3 secunde — dar proiectilele au timpul să facă 900 000 de kilometri și să se năpustească asupra obiectivului lor cu o viteză apropiată de cea a luminii, și o energie de 10 GeV.

În fizica nucleară, lucrurile merg repede. Nici n-a intrat bine în funcțiune un aparat, că rezultatele lui cer inventarea unuia mai puternic care să le confirme și să le exploateze. Marele sincrotron de la Dubna lucra de abia trei ani cînd specialiștii din principalele țări ale lumii se repeziră la Geneva să-i sărbătorească urmașul : o instalație gigantică, cu un diametru de 200 m., capabilă să accelereze protonii pînă la 28 GeV...

În acea zi de 5 februarie 1960, polul ştiinţific al lumii a fost transportat în suburbia Genevei numită Meyrin. Modestul tîrguşor elveţian devenise un fel de nou stat, independent, C.E.R.N.-ul (Centrul European de Cercetare Nucleară). Acest minuscul stat de 48 ha, se născuse în 1954, în urma acordului intervenit între 12 state europene: Belgia, Danemarca, Franţa, Germania Occidentală, Grecia, Italia, Norvegia, Marea Britanie, Olanda, Suedia, Elveţia şi Iugoslavia. Scopul şi specialitatea lui fuseseră fixate din prima zi: construirea acceleratorului gigant la care visau cu toţii şi al cărui preţ şi complexitate îl făceau accesibil numai prin cooperare internaţională.

Astfel, la această ceremonie inaugurală, holul în care se odihnea şarpele încă adormit era plin de o mulţime pitorească. Somităţi ale ştiinţei, ziarişti, personalităţi politice stăteau de vorbă într-o învălmăşeală voioasă. Pe o estradă şedeau patru laureaţi ai premiului Nobel, marele Niels Bohr, ultimul supravieţuitor al epocii eroice, englezul Cockcroft, germanul Heisenberg şi americanul Oppenheimer, apoi francezii, autori ai lucrării, dintre care citäm pe Pierre Auger şi pe Francis Perrin. O sticlă de şampanie fu spartă de carapacea de beton şi se deschise portiţa prin care protonii trebuiau să ţîşnească spre ţinta lor. Gata. Odată serbarea terminată şi calmul reinstalat, fizicienilor n-avea să le mai rămînă decît să lucreze cu zel în jurul monstrului şi să dezlege forţele încă înlănţuite în el.

Sincrotronul a costat aproape 150 milioane de franci, iar construcţia lui a fost condusă de un om extraordinar. E momentul să amintim ceea ce scriam la pagina 119 despre biologii şcolii noi,

cei care vin către știință din cercurile cele mai neuniversitare posibile și pe căile cele mai neortodoxe. *Ad augusta per angusta*[1]... Și încă ne este greu să-l comparăm pe Pierre Douzou cu John Adams căci, dacă primul a devenit un savant înzestrat cu diplome strălucitoare, cel de al doilea nu s-a sinchisit vreodată să obțină cea mai mică diplomă.

John Adams este englezul căruia i s-a dat sarcina să ducă pînă la capăt construcția sincrotronului. Nu avea încă patruzeci de ani, începuse prin a-și cîștiga existența într-o fabrică, urmînd școala la seral și, aruncat de colo colo de viață, apoi de război, avusese pînă la urmă norocul să atragă atenția asupra sa succesorului lui Rutherford, Sir John Cockcroft. N-avusese vreme să alerge după o diplomă, dar pe cei care găsiseră în el omul potrivit pentru a scoate din neant imensa mașinărie a C.E.R.N. nu-i speria probabil acest detaliu, tot așa cum nu-i deranjase acest detaliu nici pe fondatorii observatorului de la Palomar cînd au făcut apel, pentru confecționarea marii oglinzi de 5 metri, la serviciile unui fost muncitor agricol și camionagiu.

Avem deci în fața noastră opera lui John Adams. Într-o imensă galerie subterană se află construcția cu raza de 100 metri și o circumferință de 628 metri. În interior, tubul de accelererare, de 14 centimetri pe 7, în care presiunea scade la 1/100 000 de milimetru de mercur. În acest circuit, loviturile de bici pentru accelerare sînt date de șaisprezece electro-magneți, care primesc o forță maximă de 34 600 kilowați. Marea reușită este că inelul din Meyrin procură cu o greutate de zece ori mai

[1] La rezultate strălucite (se ajunge) pe căi înguste (lat.).

mică — 3 400 tone în loc de 36 000 — o energie de 28 Gev față de 10 la Dubna.

Rezultat care de altfel nu trebuie să amețească pe nimeni. Un record e făcut pentru a fi depășit și, încă din februarie 1960, se știa că cel al C.E.R.N.-ului n-avea să reziste mult. Căci, dacă fuseseră necesari trei ani pentru a trece de la cei 10 GeV de la Dubna la cei 28 de la Geneva, n-au trebuit nici șase luni pentru ca o altă mașină și mai colosală să ridice recordul la peste 30 GeV.

Faptul se datora sincrotronului laboratorului american de la Brookhaven, la vreo sută de kilometri de New York. Inelul lui, complet îngropat, este închis într-un tunel de beton cu un diametru de 255 m. Particulele sînt menținute în orbită de o serie de 240 de magneți, totalizînd 4 000 tone de oțel. Ele nu sînt injectate în tub decît după ce au fost accelerate în prealabil de un dispozitiv de înaltă frecvență și de un accelerator liniar care le comunică o energie de intrare de 50 MeV. După care nu le mai rămîne decît să-și efectueze cele 350 000 de rotații pe secundă, pentru a se repezi în final spre țintă, cu 30—32 GeV.

Sîntem, desigur, departe de cei 80 000 de electroni-volți ai ciclotronului din 1931, dar cine știe dacă, peste cîțiva ani, uriașul de la Brookhaven nu va apărea caraghios de demodat ? Trebuie să știm că savanții sovietici lucrează activ la un super-gigant. El va fi instalat la Serpuhov, la sud-est de Moscova. Diametrul său va fi de 472 metri, și accelerarea protonilor va merge pînă la 50 GeV [1]. Contrastul este din ce în ce mai frapant între astfel de coloși, tot mai costisitori și mai nesățioși de energie, și infima mișcare a țintelor

[1] Vezi nota de la p. 157.

pe care au sarcina să le dezintegreze, mai ales că în spatele masei lor covîrșitoare, în spatele aspectului senzațional al recordurilor lor, misterul nucleului persistă.

GHID PENTRU INTERIORUL DONJONULUI

Nucleul, donjon atomic cu arhitectură atît de încîlcită și care pare să se complice atît de cumplit pe măsură ce o explorăm ! Infinitul mic, pentru cunoașterea căruia se cheltuiesc în lume sute de milioane ! A sosit momentul să spunem în ce fel sînt utilizate sincrotroanele pentru studierea lui și dacă, ținînd seama de rezultatele obținute, jocul merită într-adevăr miza.

Schematic, operația e următoarea : se ia drept țintă de tragere un element format din nucleele de studiat și se dirijează asupra lui fluxul proiectilelor, cel mai adesea un flux de protoni ; în cazuri speciale se folosesc și *deutoni* (nuclee de hidrogen greu), corpuscule α (nuclee de heliu) și chiar neutroni sau electroni. Dacă ne vom închipui pe unul dintre protonii incidenți abordînd unul dintre nucleele țintei, ne vom da seama cît de variate sînt reacțiile ce pot urma.

Se poate întîmpla ca protonul să aibă norocul să traverseze nucleul fără a întîlni vreun obstacol, dar, cel mai adesea, el nu scapă atît de ușor. De obicei, el tamponează în trecere unul sau mai mulți nucleoni. În funcție de energia cu care au fost loviți, aceștia din urmă se pot mărgini să indice lovitura, și afacerea se reduce atunci la o emisiune de energie (nucleul scuipă o rază γ ; ei pot însă să fie loviți cu o violență atît de mare, încît unul sau mai mulți dintre ei să fie proiectați afară din nucleu. Oricum ar fi, fenomenele care

se desfășoară în acesta din urmă — aşchiile care sar, de exemplu, — sînt captate de aparate electronice care le înregistrează şi le comunică experimentatorilor. Acestora le revine sarcina să descurce înregistrările, să le interpreteze, deducînd din ele, pe cît se poate, ce s-a întîmplat. Tot aşa cum, într-un western, cînd ecranul ne arată o fermă pîrîind de împuşcături, cu mobila zburînd pe geam, se poate deduce că înăuntru are loc o bătaie.

Procedînd în felul acesta şi beneficiind de spărgători de atomi din ce în ce mai perfecţionaţi şi mai puternici, fizicienii au ajuns să întocmească o descriere din ce în ce mai exactă — să sperăm — a nucleului. Dacă vreţi să ştiţi cum şi-l închipuie, încercaţi să vă imaginaţi un volum mai mult rotund, în general sferic, dar poate şi lunguieţ, ca o picătură de apă pe punctul de a cădea. Văzînd în nucleoni stropii elementari din care este formată această picătură nu va fi greu să conchideţi că picătura este cu atît mai mare, cu cît cuprinde mai mulţi stropi.

Ştim acum în ce fel se poate calcula raza picăturii, aceasta fiind de ordinul a o mie de miliardimi de milimetru ($1/10^{12}$ mm). Putem la fel de bine să-i măsurăm masa. Balanţa pe care o utilizează în acest scop fizicienii se numeşte *spectrograf de masă*. În realitate, nu este vorba de o balanţă, ci mai degrabă de un fel de tun, construit pentru lansarea proiectilelor atomice cu mase diverse. Dacă tragem succesiv cu protoni, cu deutoni şi cu corpuscule α, este normal ca protonii, fiind cei mai uşori, să se oprească cel mai aproape ; deutonii, fiind de două ori mai grei, sînt mai puţin deviaţi, iar corpusculele α, de patru ori mai grele, — şi mai puţin deviate. Din această gradaţie s-a

reușit să se deducă masa proiectilelor cu o precizie de admirat : cu o aproximație de 1/1 000 !

Să ne ferim să credem că, din moment ce un nucleon posedă o masă de $1,67/10^{24}$ gram (după cum am văzut la pagina 151), iar un nucleu de uraniu, de exemplu, numără 238 de asemenea particule, este suficient să înmulțim $1,67/10^{24}$ gram cu 238 pentru a avea masa acestui nucleu : în fizica nucleară aritmetica obișnuită nu are curs și, în realitate, masa este puțin mai mică. Aceasta pentru că o parte din ea este înmagazinată sub formă de energie, conform faimoasei relații a lui Einstein $E = mc^2$. Această energie, numită *energie de legătură*, servește la cimentarea solidă a celor 238 nucleoni între ei.

Dar cum să ne închipuim un nucleu cu populația lui de protoni și neutroni ? Imaginea care ne vine în minte este cea a unui sac plin de bile mici sau imaginea picăturii de adineaori, formată din stropi mai mici. De fapt, Saturn și semenii săi ne fac să bănuim că lucrurile nu trebuie să fie chiar atît de simple.

Pe vremuri, în cîrciumile de periferie era foarte în vogă un joc numit broasca. Se aruncau niște pietre care trebuiau să cadă, grație îndemînării jucătorului, în căsuțe numerotate ; uneori căsuța în care cădea piatra era plină și nu mai primea, lăsînd-o pur și simplu să cadă pe jos.

Cam același lucru se întîmplă atunci cînd, cu un accelerator nuclear fizicienii lansează un jet de neutroni asupra nucleelor, variind energia lansării. În funcție de această energie, adică în funcție de faptul dacă piatra-neutron este lansată cu o putere mai mică sau mai mare, unii dintre ei rămîn în interiorul nucleelor, iar alții ies afară. Aceasta înseamnă, fără nici o îndoială, că în sînul nucleelor

există un fel de „căsuțe pentru neutroni" numerotate în funcție de energia respectivă, E_1, E_2, E_3 etc. Se înțelege atunci că un neutron exterior care vine cu energia E_2 nu poate fi primit în căsuța E_2 decît dacă mai este loc și că, în caz contrar, el este gonit.

Să botezăm, în mod mai ortodox, aceste căsuțe cu neutroni „nivele de energie", și vom avea imaginea aproximativă a structurii interne a unui nucleu atomic. În locul unui sac în care bilele stau de-a valma, avem de-a face, probabil, cu un fel de atom în miniatură, ale cărui particule sînt repartizate pe diferite nivele energetice. Există, probabil, un sistem de nivele pentru protoni, unul pentru neutroni, și, circulînd pe traiectoria sa, fiecare dintre neutroni se supune aceluiași „principiu al excluderii", despre care am văzut la pagina 136 că este în vigoare în lumea electronilor.

O FORȚĂ NUCLEARĂ MISTERIOASĂ

S-ar putea ca o astfel de reprezentare a nucleului să vă descumpănească : corpuscule rotitoare, căi de circulație... nu așa vă închipuiați inima materiei ; o credeați desigur mult mai omogenă și compactă. Dar, în afară de faptul că ați greși legînd concepția actuală a nucleului de o imagine materială, care nu poate fi comparată decît grosolan cu realitatea, trebuie să aveți convingerea că complexitatea acestui microcosmos nu-i împiedică pe componenții lui să fie legați între ei cu o extremă soliditate. Trebuie să știți că energia cu care sînt sudate între ele două particule nucleare vecine este de aproximativ 8 MeV, adică de

10 miliarde de ori mai mare decît cea care unește două molecule de apă.

Putem califica fără ezitare drept formidabilă o astfel de energie și ne putem întreba ce forță îi dă naștere. Atracția universală să fie oare aceea care lipește între ei doi nucleoni, în același mod în care lipește de pămînt un corp care a căzut? Sau o fi mai degrabă atracția electrostatică, acea „forță culombiană" care face să se repeadă unul spre celălalt două obiecte încărcate cu electricitate de semne contrare ? Nici una, nici alta, desigur. Prima este complet neputincioasă, ba chiar insensibilă la o scară atît de mică ; să nu uităm că această forță de legătură nucleară, care acționează cu atîta vigoare între doi nucleoni vecini, scade de îndată ce distanța devine ceva mai mare, pentru a se reduce la zero în momentul în care distanța atinge diametrul nucleului !

În ceea ce privește forța culombiană, nu vedem cum ar putea ea să aibă vreo acțiune asupra unor neutroni fără sarcină electrică ; pe de altă parte, acționînd între doi protoni, ea ar fi mai degrabă de natură să dizloce edificiul, decît să-l cimenteze !

Să ne resemnăm, deci, la presupunerea că forța nucleară este de un tip necunoscut, care nu operează decît pe distanțe ce nu depășesc a mia miliardime de milimetru și care atrage neutronii și protonii în aceeași măsură. Nu vom spune de altfel mai multe despre ea, căci nici specialiștii nu știu mai mult. Vom semnala numai că ea reprezintă, la ora actuală, un vînat dintre cele mai căutate de sondorii de nuclee. Simplul fapt că în donjonul despre care vorbim există o forță atît de extraordinară, cu o rază de acțiune atît de restrînsă, este pentru cei de la Saclay, de la Berkeley și de aiu-

rea, un motiv suficient pentru ca ei să umble să o depisteze cu ajutorul unor mașini care cîntăresc cît o navă de război.

PE URMELE PARTICULELOR COSMICE

Vom face aici observația că unele lucruri care profanului i se par clare sau suficient de lămurite sînt adesea mult mai puțin clare pentru omul de știință. Cînd e vorba de a înțelege un lucru, acesta din urmă este mult mai pretențios decît celălalt ; el cere să i se pună punctele pe i-uri și nu se mulțumește cu aproximații. Vă veți întreba poate unde vreau să ajung cu această reflecție, dar veți vedea îndată cît de departe vă poate duce ea, autorizîndu-vă chiar, după explorarea succesivă a moleculei, atomului și nucleului, să faceți un salt și mai adînc în interiorul materiei.

Căci, dacă matematicianul este exigent prin definiție și nu admite, fără o demonstrație în regulă, că două lucruri egale cu al treilea sînt egale între ele sau că o perpendiculară este mai scurtă decît orice oblică, nu vedem pentru care motiv fizicianul ar fi mai ușor de mulțumit. Pentru ce ar lăsa el, de exemplu, să treacă drept bună, fără a protesta, o propoziție simplă ca aceasta : lampa îmi dă lumină ?

Stop ! exclamă el. O astfel de propoziție, în sensul ei strict, nu are nici un sens. Lampa este aici ; dumneata ești acolo. Cum poate lampa să exercite o acțiune la distanță fără să existe vreun intermediar între ea și dumneata ?

— Păi nu există undele electromagnetice pe care ea le emite ?

— Dumneata uiți că, după mecanica ondulatorie, aceste unde nu au nici o realitate materială. Nu : intermediarul care îți aduce lumina lămpii sînt acele pachete de energie, acele *cuante* pe care le degajă atomii becului de fiecare dată cînd unul dintre electronii lor își schimbă orbita. Cuantele sînt pilotate de undele brogliene. Numește-le *fotoni*, cum a făcut Einstein, și vei putea să afirmi cu toate seninătatea că orice acțiune electromagnetică se transmite prin intermediul fotonilor.

Nu e necesar să facem aici o cunoștință mai amplă cu fotonul, care este o particulă fantomă, fără masă și sarcină, dar acest raționament ne determină să spunem prin analogie :

— Din moment ce nu poate exista acțiune fără intermediar, acest lucru este valabil și între doi nucleoni care se atrag ? Atracția lor necesită un vehicul, asemenea fotonului din domeniul electromagnetic.

Să nu ne oprim la aspectul mitic, fabulos sau bizar pe care îl poate avea ideea de a face să circule un fel de sub-fotoni între niște particule găzduite ele însele în interiorul unui nucleu. La urma urmei, nu e chiar atît de mitic sau de fabulos...

Aceasta este convingerea la care a ajuns primul savant căruia îi trecu prin minte ideea sus-menționată. Este vorba de un fizician japonez pe nume Yukawa, de la Universitatea din Kyoto, în vîrstă de 28 de ani. Era în 1935. *„Ce pot fi acești presupuși sub-fotoni ?* se întrebă el. *Calculul arată că ei trebuie să aibă o masă de 300 de ori mai mare decît cea a electronului. Ei s-ar afla deci la jumătatea drumului dintre protoni și electroni. Să-i botezăm* mezoni *și să așteptăm ca un experimentator să-i descopere efectiv.*"

Asta s-a întîmplat cîţiva ani mai tîrziu, cînd un alt tînăr fizician, americanul Carl Anderson, se apucă să examineze o colecţie de clişee luate în camera Wilson, în legătură cu radiaţia cosmică. În mijlocul faunei obişnuite de protoni şi electroni el a reperat urma unei particule necunoscute, a cărei masă şi sarcină corespundeau aproximativ cu prevederile lui Yukawa. Era vorba chiar de mezon. Odată mai mult teoria arătase drumul experienţei.

Este oare necesar să includem aici o paranteză pentru a explica ce este radiaţia cosmică ? Să ne închipuim o ploaie perpetuă de corpuscule variate care cade din cer, nu se ştie de unde, şi se abate asupra pămîntului ca şi asupra celorlalte astre, cu o energie absolut extraordinară. Aceste corpuscule sînt mai ales protoni (în proporţie de 85%), amestecaţi cu particule α şi cu nuclee mai grele. De îndată ce pătrund în atmosfera noastră, aceste corpuscule fac să explodeze nucleele de oxigen şi de azot din ea, şi tocmai această explozie determină apariţia mezonilor — o dată cu un adevărat foc de artificii de aşchii diverse. De aceea se poate spune că radiaţia cosmică constituie pentru fizicienii nucleari un fel de eleşteu — un eleşteu în care ei găsesc, în stare liberă, tot furnicarul de corpuscule, de obicei ascunse sau înlănţuite în nuclee.

Anderson mai făcuse, de altfel, în acest eleşteu cosmic o primă descoperire, înainte de cea a mezonului. În 1932, el detectase, tot pe clişee luate în camera Wilson, o particulă care se înrudea prin masa ei cu electronul, dar pe care cîmpul unui magnet o devia în sens invers. „Aceasta înseamnă că sarcina ei este inversa sarcinii electronului, îşi spusese tînărul american. Nu cumva o fi vorba

de acel electron pozitiv, de acel *poziton*, pe care Dirac îl prezisese teoretic acum patru ani ?"

Lucru de minune : povestea mezonului nu era, de fapt, decît o reeditare a poveștii pozitonului ! Tot așa cum Yukawa anunțase existența mezonului, englezul Dirac o prevăzuse pe cea a pozitonului... Iar Anderson le descoperise pe amîndouă. Dirac avea 26 de ani, Anderson 27 ; primul era un fel de mistic al matematicii, care se zbenguia în voie într-o mare de simboluri abstracte ; cel de al doilea era un experimentator fără pereche, un virtuos al camerei Wilson ; el nu-și avea reședința într-un empireu metafizic, ci într-un laborator plin cu ustensile și aparate foarte materiale. E într-adevăr de admirat alianța acestor două genii care a deschis în fața științei nucleare o pistă al cărei capăt nu se întrezărește încă.

A fost vorba mai sus de acceleratoare de particule, și am înțeles ce energie trebuie imprimată tirului lor pentru a pulveriza nuclee. Primul ciclotron, cel al lui Lawrence, era plafonat la 0,8 MeV ; Saturn furnizează la ora actuală 3 000 MeV, sincrotronul de la Geneva — 28 000 MeV. Or, „tirul" radiației cosmice atinge el însuși milioane și miliarde de MeV ! E lesne de înțeles pentru ce savanții s-au năpustit asupra acestui accelerator natural și gratuit care trece glonț prin atmosferă spulberînd toate nucleele din calea sa și culegînd de aici o recoltă nesperată de rezultate noi.

Recolta nu se face de altfel numai cu ajutorul camerei Wilson sau al camerei cu bule : ea se operează și prin interceptarea radiației pe plăci fotografice ; radiația este absorbită de stratul de emulsie și urma ei poate fi urmărită și studiată la microscop. Treabă pe cît de minuțioasă pe atît de fastidioasă — într-atît de fastidioasă, încît

unul dintre cei care s-au ocupat printre primii de acest sport ajunse să se sinucidă, după ce își pierduse succesiv vederea și rațiunea.

UN MUȘUROI NEDEFINIT DE PARTICULE FUNDAMENTALE

Faptul că radiația cosmică a adus proba experimentală a existenței mezonului și pozitonului nu este de natură, trebuie s-o recunoaștem, să simplifice ideea noastră despre nucleu ! Cu atît mai mult, cu cît mezonul descoperit de Anderson nu este chiar identic cu mezonul lui Yukawa, masa celui de al doilea reprezentînd de 273 de ori masa electronului, pe cînd masa primului nu este decît de 207. Cît de îndepărtată pare epoca — n-au trecut decît 30 de ani de atunci — cînd se credea că materia este construită din numai trei particule : proton, neutron și electron — adăugînd, dacă vreți, fotonul care transportă energia ! Din ziua în care savanții au învățat să exploateze elește cosmic, au ieșit la iveală pozitonul, apoi mezonul lui Anderson (numit mezonul μ sau *muon*), apoi cel al lui Yukawa (mezonul π sau *pion*). Aceste două din urmă au apărut drept o simplă avangardă a unui întreg neam de particule noi între care savanții se grăbiră să facă distincție atribuindu-le niște litere grecești. Trebuiră atunci să se convingă de faptul că așa-zisele particule „elementare", cele care erau presupuse a constitui natura, nu erau de loc elementare, că gama lor se extindea din ce în ce mai mult și că era greu de spus care dintre toate aceste elementare erau cele mai fundamentale.

În clipa în care sînt scrise aceste rînduri, nu poate fi vorba de a trage concluzii definitive asupra acestui muşuroi de particule subatomice : există de pe acum vreo 30, iar în decembrie 1962 a mai fost descoperită una nouă. În realitate, acest capitol al fizicii nucleare dă puţin impresia unui talmeş-balmeş. Fie din studiul radiaţiei cosmice, fie cu ajutorul acceleratoarelor lor gigantice, specialiştii acumulează o cantitate crescîndă de informaţii şi ai impresia că, înnecaţi în avalanşa propriei lor producţii, ei nu mai ştiu cum s-o scoată la capăt. Ai totodată impresia că toate acestea se vor decanta într-o zi şi că va veni momentul cînd din masa cunoştinţelor disparate se vor alege liniile directoare ale unei concepţii noi care va aduce simplificarea visată.

Astăzi, cel mai bun lucru pe care-l putem face este să ne jucăm de-a botaniştii, adică să întindem pe masă piesele recoltate şi să încercăm să le clasăm în funcţie de caracterele lor.

Or, de la bun început un punct de vedere se impune : se pot pune de o parte particulele *stabile*, cum ar fi protonul, pozitonul, electronul — şi chiar fotonul — şi, pe de altă parte, tot restul, mulţimea de particule care, asemenea muonului şi pionului nu trăiesc decît durata unui fulger.

Particulele stabile le cunoaştem de multă vreme şi, dacă v-aţi mirat că nu figurează printre ele şi neutronul, vom adăuga că acesta din urmă nu este stabil decît în starea de nucleon ; extras din nucleul lui, el se descompune după aproximativ 1 000 de secunde într-un proton, un electron şi un *neutrino*.

Neutrino ? Da, o particulă fantomă pe care teoreticienii o declară indispensabilă pentru ca anumite fenomene să nu contravină legii supreme

a conservării energiei... dar care nu are nici o masă, nici o sarcină electrică și din care nu percepem decît niște urme foarte slabe. Astfel încît la urma urmei am putea compara protonul, electronul, pozitonul, fotonul, neutrino, ba chiar și neutronul, cu o populație de burghezi sedentari cu case la stradă, cunoscuți drept onorabili de către anchetatori.

Muonul și pionul ne introduc, dimpotrivă, într-o lume cu totul diferită ; s-ar putea spune : într-o lume de cerșetori la care nu apuci să te uiți decît o clipă, fiindcă în cîteva milionimi de secundă doar, s-au și metamorfozat în altceva. Astfel, pionul (mezonul π al lui Yukawa), nici n-a apucat bine să fie creat, că se și transformă într-un muon. La rîndul său, acesta se schimbă, în funcție de semnul lui, într-un electron sau un poziton.

Și încă, durata vieții muonului și pionului este relativ lungă dacă o comparăm cu cea a mezonilor mai grei. Într-adevăr, dincolo de mezonul μ cu masa 207 și de mezonul π cu masa 273, radiația cosmică revelează un tip de mezoni cu masa 966, mezonul K, pozitiv, negativ sau neutru. Acesta din urmă nu trăiește decît 1/100 000 000 de secundă ceea ce îi ajunge totuși pentru a se transforma într-un mezon π.

Și nici acesta nu este culmea scurtimii. Se cunoaște acum o întreagă faună de alte particule, *hiperonii*, care trăiesc de o sută de ori mai puțin. Acești hiperoni, dintre care unii sînt neutri, iar alții pozitivi sau negativi, sînt identificați cu literele grecești Λ (lambda), Σ (sigma) și Ξ (ksi), iar masele lor merg de la 2 185 la 2 581. Ei nu ar prezenta de altfel vreun interes decît pentru fizicieni, dacă astronomii, la rîndul lor... dar acesta

este un punct special pe care-l vom examina în capitolul următor.

Recordul de scurtime este deținut pînă una alta de mezonul ω (omega), descoperit în 1961 la Berkeley. Acesta este neutru, are o masă de 1 540 de ori cît cea a electronului și nu trăiește decît $1/10^{23}$ sec. !

Profanul, trebuie să recunoaștem, are destule scuze să se simtă rătăcit în mijlocul acestui furnicar de *oni* de tot felul. Și savantul de altfel : el care se aștepta ca, pe măsură ce aprofundează misterul materiei, să meargă de la complicat la simplu și să nu mai găsească sub tăișul bisturiului decît două sau trei elemente de construcție cu adevărat primordiale, cum să nu fie descumpănit de această irupție neîntreruptă de spiriduși efemeri a căror existență nu durează decît o derizorie fracțiune de secundă ?

La ora actuală este în afară de orice îndoială faptul că aceste particule au o funcție capitală în sînul materiei. Poate că tocmai în ele zace ascuns marele secret ? Poate că, în ultimă analiză, materia nu este decît atît : suma — integrala, ar spune un matematician — a miliarde de miliarde de metamorfoze înfăptuite într-o secundă de către un miliard de miliarde de corpuscule diferite, corpuscule care nu au poate decît aparența unei realități ? Aceasta este părerea care pare să reiasă din ultimele două congrese internaționale ale specialiștilor în particule, congrese ținute în septembrie 1961 la Aix-en-Provence și în iulie 1962 la Geneva și care au reunit fiecare cîteva sute de fizicieni. S-ar putea ca învățătura finală ce se va trage din aceste întruniri să fie caracterul complet efemer al elementelor constitutive fundamentale, care ți se topesc printre degete de îndată ce ești

pe punctul de a le prinde, lăsînd să li se întrezărească astfel imaterialitatea, în mînă nemairămînîndu-ţi decît amintirea unui fenomen care n-a durat nici cît un fulger.

REŢETĂ DE CREAT MATERIE

Aşadar, radiaţiei cosmice îi datorează ştiinţa tot acest val de descoperiri. Pentru a putea dispune de fracţiunea cea mai puternică din această radiaţie, aceea care soseşte direct din spaţiu cu o energie putînd depăşi un miliard de MeV şi pe care atmosfera nu a apucat încă să o frîneze, fizicienii aveau să-şi instaleze aparatele de detectare pe piscuri de mare altitudine, pe Jungfrau, sau pe Pic du Midi în Europa, pe vîrful Pikes sau muntele Evans în America. La observatorul de pe Pic du Midi (Franţa), de exemplu, mai puteau fi văzute recent camerele Wilson montate de fizicianul englez Blackett, un fost ofiţer de marină devenit laureat al premiului Nobel, şi de profesorul Leprince-Ringuet. Cu timp şi răbdare... şi cu o cheltuială zdravănă de curent electric, pentru a alimenta cîmpurile magnetice, se ajungea din cînd în cînd să se obţină fotografii interesante, reprezentînd particule în dezintegrare sau în ciocnire. Era foarte bine... pînă în clipa în care s-a găsit ceva mai practic...

Nu ne e greu să ghicim că atunci cînd marile acceleratoare de particule au atins puterea pe care le-o cunoaştem, fizicienii s-au înghesuit în jurul lor, părăsind eleşteul cosmic. De fapt, radiaţia naturală este de sute de milioane sau chiar miliarde de ori mai energică decît fasciculul de la Saclay, Geneva sau Brookhaven, dar este mult mai puţin

comod de utilizat ! Căci marile acceleratoare permit experimentatorilor nu numai să stea liniştiţi într-un laborator, în loc să facă pe alpiniştii sau pe schivnicii în vîrf de munte, dar le procură, totodată, jeturi de particule bine concentrate şi cu o constanţă absolută, care pot fi dirijate după dorinţă, către ţinta lor de tragere. Fotografierea unui fenomen nuclear nu mai este astfel un tur de forţă : ea este un rezultat normal şi un element constitutiv al unei recolte abundente.

Iată pentru ce, sătui să mai aştepte razele cosmice să binevoiască a le livra cu ţîrîita cîteva mostre, specialiştii în particule s-au adresat acceleratoarelor gigantice deci şi să fabrice singuri aceste mostre.

Verbul „a fabrica" este probabil nepotrivit aici şi ar trebui înlocuit prin „a crea" sau cu vreun termen apropiat. Căci dacă „a crea" înseamnă, literal : a produce pornind de la zero, operaţia care constă în a face materie prin concentrarea energiei este foarte apropiată de acest sens !

Aceasta este, de fapt, metoda aplicată de creatorii de particule. Bazîndu-se pe relaţia $E=mc^2$, ei deduc că, dacă s-ar reuşi să se concentreze şi să se materializeze o energie egală cu 25 000 000 kWh, această energie s-ar metamorfoza într-un gram de materie. Şi invers, dacă am reuşi să „dematerializăm" un gram de ceva, am obţine o formidabilă răbufnire de energie, de 25 000 000 kWh. Este inutil să mai adăugăm că nici prima şi nici cea de a doua problemă nu au fost încă rezolvate şi că, în ziua în care aceasta se va întîmpla, respectiv, în ziua în care vom reuşi să obţinem, prin dematerializarea unei picături de apă sau a unei jumătăţi de duzină de grăunţe de nisip, o astfel de răbufnire de energie, atît bomba H cît şi bomba A vor

părea tot atît de demodate ca săgeţile zuluşilor sau arcurile tribului Baluba.

Totuşi, chiar dacă ştiinţa nu a ajuns încă aici, dacă ea nu este încă în măsură să creeze materie, ea este de pe acum capabilă să producă particulele constitutive ale materiei. Sînt ani de zile de cînd ea ştie să fabrice electroni şi protoni. Cum procedează ? Cum s-a explicat ! Utilizînd drept materie primă energia concentrată.

Pentru a concentra energia, un mijloc foarte bun este acela de a trage cu gloanţe asupra unei plăci de blindaj ; cu cît tirul este mai violent, cu atît se încălzeşte placa mai mult, şi, deci, concentrează energia. Această concentrare de energie creşte desigur dacă înlocuim gloanţele obişnuite cu proiectile mai rapide şi dacă îndesim ritmul tirului. Cînd proiectilele devin la fel de rapide ca şi electronii şi sînt proiectate cu aceeaşi frecvenţă, concentraţia energetică este atît de puternică, încît ea nu mai constă pur şi simplu în căldură : ea se transformă în raze X. Acest lucru se întîmplă într-un tub Crookes.

Dar aceasta nu este încă decît începutul artei. În loc de electroni, se pot folosi particule mai grele, animate de o viteză aproape egală cu cea a luminii. Energia se transformă atunci într-o emisie înspăimîntătoare de raze γ şi, în problema materializării corpusculelor, toate speranţele ne sînt permise.

Atenţie totuşi ! Un electron cîntăreşte $9{,}1/10^{28}$ grame, ceea ce după formula $E=mc^2$ echivalează cu o concentrare energetică de 510 000 eV. S-ar putea crede că de îndată ce un accelerator acumulează pe ţinta sa o energie suficientă pentru a face 510 000 eV, apare un electron. De fapt nu e aşa : trebuie să aşteptăm pînă cînd concentra-

ția atinge dublul de energie, adică 1 020 000 eV (sau 1,02 MeV) ; atunci se crează *doi* electroni deodată, unul negativ și unul pozitiv (adică un pozitron). Aceasta pentru că, în virtutea principiului conservării energiei, cantitatea de energie conținută în univers rămîne constantă, indiferent de fenomenele care au loc. Astfel, dînd naștere în același timp la doi electroni de sarcină opusă, natura anulează totodată rezultatul operației.

Consecințele acestei legi naturale inexorabile, care prevede că nu se pot obține decît particule perechi (una pozitivă și una negativă), sînt ușor de prevăzut. În primul rînd : cu cît particula de creat este mai masivă, cu atît mai mare este cantitatea de energie necesară pentru crearea ei. O pereche de mezoni, de 207 sau 273 de ori mai masivi decît un electron, reclamă, în principiu, de 207 sau de 273 de ori mai multă energie, adică aproape 300 MeV, iar o pereche de protoni care sînt de 1837 de ori mai masivi decît un electron, cere, tot în principiu, de 1837 de ori mai multă energie.

MICUL POPOR AL ANTIPARTICULELOR

...O pereche de protoni, am scris noi. Și cititorul nostru a tresărit :

— Cum ! Natura nu se mulțumește oare cu tradiționalul ei proton pozitiv ? Pretinde ea oare să se nască în același timp un proton cu semn opus, un proton negativ ?

Sîntem nevoiți să răspundem că da și chiar să admitem că, încă din 1936, Dirac prevăzuse, teoretic, că existența unui electron pozitiv (poziton), impunea concluzia existenței unui proton negativ,

a unui *antiproton*. Din nefericire, energia necesară creării sale se ridica, ţinînd cont de anumite pierderi, la aproape 6000 MeV. Acest preţ nu era la îndemîna oricărui laborator nuclear.

Hotărîrea luată, acum zece ani, de Comisia americană pentru energia atomică în ceea ce priveşte construirea marelui sincrotron de la Berkeley, capabil să furnizeze cei 6000 de MeV necesari, a fost determinată mai ales de dorinţa de a verifica profeţia lui Dirac şi de a produce antiprotoni. Ea a cheltuit pentru această construcţie peste 4 miliarde de franci (1953), a făcut apel la cei mai buni savanţi din ţară, care aveau să colaboreze sub conducerea lui Lawrence, şi a reuşit în 1955 să dea drumul giganticului său *bevatron*.

Am avut ocazia să spunem mai sus cîteva cuvinte despre aparate analoage. Cititorul este deci la curent cu colosalul mecanism care serveşte producerii — cu pipeta, s-ar putea spune — cîtorva antiprotoni. Îl vom ruga numai să-şi închipuie holul circular, ca un hangar de locomotive, blocurile de beton protectoare, podurile rulante, covîrşitoarea mulţime a instrumentelor anexe, a pîrghiilor şi butoanelor de comandă, a semnalelor luminoase. La un moment dat, răsună o sonerie : se anunţă pornirea proiectilelor, care de data aceasta sînt protoni. Cu o viteză accelerată continuu ei se reped spre ţinta pe care o vor atinge în mai puţin de două secunde, după ce vor fi parcurs mai întîi 480 000 km.

Nimeni nu poate fi de faţă la şocul sosirii, fenomen gigantic în infinitul mic ; putem totuşi să ne închipuim formidabila degajare de energie care ţîşneşte din ţintă, explozia nucleelor acesteia, focul de artificii al scînteilor, care sînt de fapt miliarde de particule de toate speciile, protoni şi

antiprotoni, mezoni ușori și mezoni grei, hiperoni cu mase variate pozitive și negative. După cum scrie domnul Leprince-Ringuet, este *„mult mai anevoie să triezi antiprotonii din acest prodigios amestec decît să încerci a găsi un ac într-un car cu fîn"*. Se reușește totuși, instalînd în calea lor o serie de labirinte, de filtre electrice, dintre care ultimul livrează, cînd și cînd, cîteva exemplare din rarisima antiparticulă căutată. Disproporția mijloacelor în joc cu efectul produs ne-ar putea face să gîndim că-i mai mare daraua decît ocaua... dacă efectul nu ar prezenta un interes științific atît de mare.

Sînteți desigur curios să aflați cum arată un antiproton. Acesta este un corpuscul, avînd aceeași masă cu omologul său pozitiv, dar încărcat cu electricitate negativă. Cel mai bun mijloc pentru a-l recunoaște este să-l punem în prezența unui proton : ei se reped unul asupra celuilalt și se anihilează, masa lor spulberîndu-se într-o strălucitoare de energie.

Așadar, în 1955, antiprotonul își făcuse intrarea în știință, provocînd o mare agitație.

— După cuplul electron-poziton, și-au spus atomiștii, iată, deci, că am înregistrat acum, oficial, cuplul proton-antiproton. Nu cumva fiecare dintre particulele pe care le cunoaștem o fi avînd antiparticula ei ? Nu o fi existînd, cumva, paralel cu neamul *„onilor"*, mezonilor și hiperonilor și un neam de *anti-oni* ?

Atunci, atît echipele afectate studiului razelor cosmice cît și cele care vegheau pe lîngă ținta acceleratoarelor s-au apucat să-și examineze cu atenție clișeele : cine știe dacă în învălmășeala de traiectorii nu se găseau cumva și unele care să prezinte vreo anomalie — anomalie care să ne

permită să le identificăm drept urme de antiparticule ? Trebuie să ai în faţa ochilor aceste fotografii, cu snopi, stele, raze cu curburi diverse, pentru a-ţi da seama de delicateţea sarcinii, de dificultatea formulării unei afirmaţii de genul acesta : „curba aceasta este urma unui antiproton, care se dezintegrează aici în cei patru mezoni π ale căror urme divergente le vedem aici. Acest *V* nu este decît amprenta lăsată de un proton şi un mezon născuţi din explozia unui hiperon Λ. Acest soi de bucle reprezintă nişte cupluri electron-poziton create prin materializarea razelor...“

Da, depistarea antiparticulelor într-un astfel de muşuroi ţine oarecum de domeniul miracolului. Un prim miracol a avut totuşi loc în 1958, cînd s-a anunţat descoperirea antiparticulei corespunzătoare hiperonului lambda. În anul următor, a venit rîndul hiperonului antisigma zero ; apoi, în 1960, cel al hiperonilor antisigma pozitiv şi antisigma negativ ; iar în 1962, al hiperonului antiksi pozitiv, această din urmă descoperire fiind făcută simultan la Saclay şi la Brookhaven.

Enumerarea nu are nimic prea palpitant, trebuie să recunoaştem, fiind vorba de existenţe ce nu durează mai mult de cîteva sute-milionimi de secundă, dar ea poate suscita totuşi oarecare mirare : a fost vorba de antiparticula corespunzătoare hiperonului antisigma zero. Sîntem în drept să ne întrebăm : „Cum poate o particulă neutră să aibă o antiparticulă ?“ Cititorul va fi probabil şi mai surprins cînd va afla că pînă şi neutrino şi neutronul îşi au antiparticulele lor ! Un antineutron : cum poate să existe aşa ceva şi ce diferenţă poate fi între el şi un neutron obişnuit, din moment ce nici unul, nici celălalt, nu sînt electrizaţi ?

Dar, e momentul să ne amintim de pagina 134, și anume, de faptul că un corpuscul atomic nu se caracterizează numai prin masa și sarcina sa electrică : el se caracterizează, de asemenea și prin spinul său, acea mișcare de rotație care îi comunică anumite proprietăți magnetice. Ne putem deci imagina două particule cu aceeași masă, ambele neutre, dar ale căror proprietăți magnetice ar fi inversate din cauza unui spin diferit. De fapt, tocmai în asta și constă diferența între neutroni și antineutroni. E o chestiune pur teoretică, de altfel, din moment ce netransportînd nici o sarcină, atît unul cît și celălalt sînt complet invizibili ! Ba chiar, singurul mijloc de a pune în evidență un antineutron rămîne deocamdată acela de a descoperi energia pe care acesta o eliberează prin anihilare, atunci cînd se întîlnește cu fratele și dușmanul său neutronul.

Culmea extravaganței este atinsă, cu toate acestea, nu de neutron, ci de neutrino.

Neutrino poate fi considerat ca o „cenușă", un reziduu al anumitor reacții nucleare. De exemplu, în reacția prin care un mezon π se dezintegrează într-un mezon μ (p. 174). Această dezintegrare este uneori însoțită de producerea suplimentară a unui electron. Acest „uneori" a pus, pînă în 1962, la grea încercare imaginația fizicienilor : dacă dezintegrarea numitului mezon π dădea, în afara mezonului μ, cînd un neutrino singur, cînd un neutrino cu electron, trebuia să deducem din aceasta că neutrino nu era același în ambele cazuri !

Acest lucru a și fost demonstrat la Brookhaven de o echipă formată din patru americani, un grec, un indian și un francez. Demonstrație cu atît mai delicată, cu cît neutrino nu are, după cum se știe, nici masă nici sarcină electrică și cu cît,

dacă există două specii de neutrino, ele nu pot să difere decît prin circumstanţele naşterii lor. De altfel, nimic nu ilustrează mai bine enormul paradox al fizicii nucleare ca această necesitate de a utiliza nişte monştri de instalaţii pentru a descoperi nişte fantome ce nu cîntăresc nici cît o miliardime dintr-un atom : pentru a capta insezisabilul neutrino a fost nevoie de o cameră cu scîntei de peste zece tone, iar pentru a o proteja de radiaţiile parazite (radiaţia cosmică, de exemplu), ea a trebuit să fie înconjurată cu blindajul de oţel de pe două nave de război.

*

Dar iată-ne la sfîrşitul acestui capitol intitulat *Adîncurile materiei*, şi a venit vremea să ne întrebăm dacă titlul lui se justifică într-adevăr. Am explorat oare materia chiar pînă în adîncurile ei ultime ? Am ajuns noi oare la însăşi temelia ei ? Mulţimea de particule pe care le întrezărim mişunînd în străfundurile ei constituie oare într-adevăr esenţa lucrurilor ? Vai ! Cum să nu ne dăm seama că problema pare mai degrabă să se complice pe măsură ce cunoştinţele noastre experimentale se înmulţesc ? Iar veşnica intrare în scenă a unor noi particule „elementare" nu încurcă oare din ce în ce mai mult afacerea în loc s-o clarifice ?

Se întîmplă uneori ca speologii care explorează vreun nou hău să-şi dea seama, ajunşi la fund, că acesta nu este de fapt adevăratul fund : într-un colţ, ascunsă după stînci, se deschide gaura neagră a unui alt puţ care coboară şi mai jos. Sîntem oarecum în aceeaşi situaţie cu speologii : am sondat nucleul atomic, i-am numărat părţile constitu-

tive și am scos la lumină niște materiale de construcție pe care le-am calificat drept „fundamentale". Apoi, mulțimea corpusculelor și confuzia fenomenelor ne-au făcut să înțelegem că am greșit. Nu, nu sîntem la fundul materiei ! Trebuie să coborîm și mai jos să căutăm un fir conducător prin *imbroglio*-ul nuclear, și vrînd-nevrînd, să ne cufundăm în aceste regiuni sumbre în care raționamentul științific manifestă o tendință primejdioasă de a se dilua cu gîndire metafizică. Încă puțin curaj, cititorule ; să pătrundem deci cu hotărîre în acest abis care se deschide în fundul nucleului.

Capitolul 4

DE CEALALTĂ PARTE A LUCRURILOR

Speologi fără noroc în infinitul mic, iată, aşadar, că va trebui să ne aventurăm în noul puţ pe care l-am descoperit. Vom pune oare, în sfîrşit, picioarele pe un fund, adică, dincolo de care să nu mai fie nimic? Şi ce stafii ne vor întîmpina oare?

Disecînd fără milă materia şi încăpăţînîndu-ne să tăiem firul în patru, am sperat multă vreme că natura se compune dintr-un mic număr de materiale, în căutarea cărora ne-am şi avîntat. Dar iată că, în ciuda aşteptărilor noastre, evantaiul acestor materiale, în loc să se strîngă, s-a lărgit şi mai mult. Astfel încît ne găsim acum în faţa unui roi de *oni* efemeri, cu masă variată, şi ne este foarte greu să ştim care dintre ei contează, într-adevăr, în arhitectura lucrurilor.

Poate părea contradictoriu şi chiar absurd să compari succesiv ancheta noastră ba cu o explorare speologică, ba cu o disecţie de materiale de construcţii. În realitate, această dublă imagine este absolut valabilă. Căci, dacă experienţa ne permite

să descoperim efectiv o serie nelimitată de particule, sîntem nevoiți, atunci cînd dorim să aprofundăm comportarea lor, să renunțăm la noțiunile clare ale științei la scara noastră, și să pătrundem, cu capul plecat, în bezna cea mai densă a metafizicii.

ÎN CĂUTAREA MATERIALELOR ELEMENTARE

Exact ! Ne închipuim că înaintăm pe solul ferm al cunoașterii pozitive, și cînd colo ne și aflăm pe tărîmul alunecos al gîndirii pure ! Dovadă că nici măcar nu sîntem în măsură să spunem ce este, la drept vorbind, o particulă... Dacă un mezon π se ciocnește cu un proton și se contopește cu el, vom spune oare că s-a format o nouă particulă ?

— Nu, ni se va răspunde, ar fi exces de limbaj, din moment ce viața acestei „particule" nu depășește $1/10^{21}$ de secundă. Să spunem, dacă vreți, că este vorba de un aspect special și trecător al protonului, de o stare *excitată*. Fie, dar atunci, de ce să numim „particule" niște ființe ca hiperonii care nu trăiesc nici ei mai mult ? Iar abuzul de limbaj nu este oare mai strigător la cer atunci cînd ajungem să botezăm cu același nume un mezon ω care nu trăiește decît $1/10^{23}$ de secundă ?

Pe scurt, trebuie să constatăm că granița între o particulă adevărată și o simplă stare trecătoare este confuză și schimbătoare. Chiar și în fauna particulelor instabile există entități perfect caracterizate și altele care nu sînt deocamdată decît niște *oni* cunoscuți, dar îmbrăcați în costume diferite. Ipoteza cea mai simplă și cea mai plauzibilă n-ar fi oare atunci să presupunem că toți

onii sînt făcuți dintr-un mic număr de particule într-adevăr fundamentale, care se combină între ele în moduri diferite ? După ce am deschis din ce în ce mai larg evantaiul locuitorilor infinitului mic, putem oare încerca să-l strîngem la loc ?

În pofida oricărei speranțe, se pare că da. Se pare, într-adevăr, că unii dintre acești locuitori sînt reductibili la alții. O descoperire recentă ne încurajează chiar foarte mult în acest sens.

Această descoperire a fost făcută la așezămintele C.E.R.N. din Geneva de către o echipă formată din europeni și americani, și rezultatul a apărut în ianuarie 1961. Ea era întemeiată pe o observație pe care am relatat-o în două rînduri (p. 174) și căreia cititorul are toate scuzele să nu-i fi acordat mare atenție. Este vorba despre următoarea dublă metamorfoză : mezonul π, cu masa 273, se transformă într-un mezon μ, cu masa 207, apoi într-un electron.

Transformarea pionului în muon nu ne miră poate chiar așa de tare. Încărcătura și spinul celor două particule sînt aceleași și diferența de masă dintre ele, destul de mică, la urma urmei, se poate explica prin convertirea în energie a unei părți din masa pionului. Ceea ce este însă mai surprinzător este faptul că muonul dă naștere unui electron, deoarece, în cazul acesta, scăderea masei este impresionantă (de la 207 la 1). Acest lucru a dat de gîndit fizicienilor de la C.E.R.N.

— Și dacă electronul însuși nu este decît un muon care și-a risipit o parte din energie ? s-au întrebat ei.

— Rămîne de dovedit — li s-a replicat — că, lăsînd masa deoparte, electronul și muonul seamănă într-adevăr ca două picături de apă.

Din fericire, e mai ușor (în principiu...) să verifici asemănarea dintre două particule decît cea dintre două ființe omenești ; în loc de sute de caracteristici, nu sînt decît patru, și fișele în care sînt trecute semnalmentele lor se compară repede! Din aceste patru caracteristici, cunoaștem de acum trei : masa, încărcătura și spinul ; să le adăugăm și „momentul magnetic". Cititorul ne va scuti desigur de a-i da definiția acestuia, care ar fi foarte abstractă, și se va mulțumi fără îndoială să afle că în acest moment magnetic stă miezul problemei : ar fi de-ajuns ca momentul magnetic al muonului să coincidă cu cel al electronului pentru ca sentința să poată fi dată.

A fost necesar un dispozitiv experimental special, în care un jet de muoni, produs de un accelerator de particule, era captat de aparate care-i puneau în evidență momentul magnetic. Rezultatul însă a fost clar și indiscutabil : da, electronul nu este decît un mezon, care și-a pierdut o parte din masă, mezonul fiind deci la rîndul lui un electron greu. Concluzia poate merge chiar mai departe : dacă muonul se metamorfozează în electron prin simpla scădere a încărcăturii electrice, aceasta nu înseamnă oare că acest muon este constituit din două părți, una stabilă, care constă dintr-un electron, și una mobilă ? Dar dacă afirmăm că cele două părți sînt distincte, trebuie să presupunem că electronul nu este numai un grăunte de electricitate pură, cum s-a considerat din totdeauna, încă de la J. J. Thomson !

De fapt, experiența de la Geneva ducea la stabilirea unei dimensiuni măsurabile a acestui muon, format, am putea spune, dintr-un electron îmbrăcat într-o centură de electricitate. El apărea ca o sferă cu raza mai mică de $3/10^{13}$ de milime-

tru. Astfel, în chip de epilog al întregii povești, reiese un fapt esențial : din moment ce două particule sînt recunoscute ca putînd fi reduse una la cealaltă, de ce nu s-ar întîmpla același lucru cu celelalte ? Pentru ce cutare sau cutare particulă n-ar consta în vreun grăunte fundamental, ce s-ar arăta cînd nud, cînd îmbrăcat într-un veștmînt electric ?

Dar, aici nu avem de a face numai cu o simplă ipoteză, din moment ce acum mai bine de cinci ani...

UN NUCLEU LA MICROSCOP

Într-o zi însorită din iunie 1956, un val de fizicieni, a căror vîrstă medie nu trecea de treizeci de ani, se îmbulzeau în frumoasa sală de ședințe a Institutului de Fizică de la Geneva. Erau vreo trei sute, veniți din vreo douăzeci de țări și invitați de C.E.R.N. la un congres despre particulele atomice. Erau și vreo șase laureați ai premiului Nobel. Nimeni nu se miră de faptul că atenția fu repede acaparată de comunicările americanilor și rușilor. Și cum să nu fi fost, de altfel, cînd într-una din primele zile, șeful delegației sovietice, profesorul Blohințev, se ridică pentru a da citire unui memoriu care cuprindea o ipoteză senzațională : protonul nu era o particulă simplă ; era compus dintr-o „inimă" centrală și o „atmosferă" ?

În acel an, structura complexă a protonului nu putea fi decît o închipuire, dar cercetările experimentale în curs înaintau cu succes spre confirmarea ei. Nu le trebuiau, pentru aceasta, decît trei ani. Sovieticii și americanii aveau să o dove-

dească în același timp ; primii, cu ajutorul marelui lor sincrotron de la Dubna, ceilalți, cu ajutorul marelui lor accelerator liniar de la Stanford (lîngă San Francisco).

Principalul erou al afacerii a fost un profesor de la Universitatea din Stanford, pe nume Robert Hofstadter. El avea 40 de ani în 1955, cînd s-a apucat de problema care avea să-i aducă, în 1961, premiul Nobel de fizică.

În ce constă această problemă ? Nici mai mult, nici mai puțin decît în următorul lucru : a scruta interiorul unui nucleu, nu teoretic, ci oarecum *de visu*. Cum să „vezi" în interiorul unui nucleu ? Inventînd un microscop electronic special, care să poată furniza, evident, nu o imagine asemănătoare celei dintr-un microscop obișnuit, ci niște grafice, care să arate, de exemplu, cum sînt repartizați nucleonii în acest nucleu.

Trebuie să mărturisim, scumpe cititor : noi, umilii spectatori care-i urmărim de departe pe oamenii de știință în cursa lor olimpică, nu prea vedem cum poate fi rezolvată o astfel de problemă... Această simplă mărturisire ne dă prilejul să ne exprimăm admirația pentru uimitoarea ingeniozitate a savanților și, fiindcă veni vorba, a numitului Hofstadter. Căci, iată cum s-a descurcat acest om plin de imaginație.

Închipuiți-vă că bombardați cu pietricele o minge de fotbal așezată la o oarecare depărtare ; nu credeți oare că pietrele vor sări înapoi în direcții diferite în funcție de unghiul lor de lovire ? Și nu e oare aproape evident că, dacă reușiți să înregistrați repartizarea pietrelor care sar, veți putea deduce astfel forma mingii (rotundă, ovală) și mărimea ei, ba chiar și elasticitatea mai mare

sau mai mică a diferitelor puncte ale suprafeței sale ?

Or, Hofstadter s-a gîndit să aplice nucleelor o tehnică inspirată tocmai din acest exemplu. În loc de pietricele, el a folosit electroni, lansați de acceleratorul liniar al Universității. Acesta putea depăși de acum 1 000 MeV (sau 1 GeV). Cu asemenea proiectile el a bombardat o țintă compusă din elementul de studiat ; apoi, la ieșirea țintei, a așezat un mare electromagnet, care să culeagă electronii împrăștiați de nuclee și să-i îndrepte spre contoare.

Iscusitul american a făcut astfel să defileze sub „microscopul" lui nuclee mai mici sau mai mari, care, puțin cîte puțin, au scos la iveală detalii ale structurii lor. El a descoperit atunci că sarcina electrică este concentrată la suprafața acestor nuclee, pe o grosime de aproximativ $2{,}2/10^{12}$ de milimetru și că, în interior, nucleonii se află îngrămădiți în mod regulat și fără intervale. O astfel de îngrămădire dă materiei nucleare o densitate prodigioasă, pe care Hofstadter a evaluat-o la vreo 300 de milioane de tone pe centimetru cub.

DEMONTAREA UNUI PROTON

Dar lucrul cel mai interesant nu era aici. După ce a reușit să schematizeze constituția nucleelor mari, savantul nostru s-a apucat de cele mici, ba chiar de cel mai mic dintre toți, atomul de hidrogen și de proton. Cu alte cuvinte, el a atacat problema ridicată în 1956 de Blohințev și a cărei soluție acesta din urmă o prevăzuse : protonul își merită oare calificarea de particulă elementară, asimilabilă, ca atare, unui punct geometric ? Sau

trebuie deposedat de acest privilegiu și considerat ca fiind compus din materiale și mai elementare ?

Dacă protonul nu era un punct fără dimensiuni, ci un fel de mică sferă, aceasta trebuia să se poată dovedi tot cu ajutorul experienței de adineaori. E evident, desigur, că dacă în loc să bombardați cu pietre o minge de fotbal, veți face același lucru unei gămălii de ac situată la aceeași distanță, veți avea foarte multe șanse să nimeriți alături. Împrăștierea proiectilelor va fi cu totul alta.

Această idee trebuie să fi trecut și prin capul profesorului Hofstadter, care a și pus-o în aplicare. Electronilor proiectați de acceleratorul lui, el le-a propus de data aceasta drept țintă un mic volum de hidrogen lichid, sau gazos, comprimat la 150 atmosfere. A instalat contoare pentru numărarea electronilor care ar fi sărit eventual înapoi în urma ciocnirii cu protonii, și, după un lung șir de experiențe, a examinat înregistrările obținute. Concluzia a fost decisivă : nu, protonul nu era un punct fără dimensiune ; după cum anunțase fizicianul sovietic, el era într-adevăr un volum excesiv de mic, dar măsurabil ; i se putea chiar descifra în linii mari structura. Același lucru era valabil, de altfel, pentru neutron. Acesta nu posedă sarcină electrică ? Desigur, dar poate că este împărțit în două regiuni încărcate cu electricitate contrară ? Iată, în orice caz, concluzia trasă din lucrările sale de colectivul de la Stanford și confirmată de colectivul de la Dubna.

Un nucleon este format din două părți : un miez, a cărei sarcină pozitivă echivalează cu jumătate din cea a protonului și o „atmosferă", făcută din mezoni π (din pioni). Dacă acești mezoni sînt, ei înșiși, pozitivi, sarcina lor se adaugă la cea a miezului, și nucleonul este un proton ; dacă sînt ne-

gativi, sarcina lor este anulată de cea a miezului, şi nucleonul este un neutron. Astfel se explică faptul că protonii şi neutronii se transformă atît de uşor unii în ceilalţi. Să adăugăm că miezul unuia, ca şi al celuilalt, are un diametru de aproximativ $5/10^{13}$ de milimetru.

— Bine, veţi întreba, dar dacă protonul şi neutronul nu sînt decît unul şi acelaşi nucleon înconjurat de atmosfere diferite, pentru ce masa lor nu este aceeaşi ? Nu ştim oare că cea a neutronului este de 1 840 de ori cît cea a electronului, iar masa protonului numai de 1 836 cît aceasta ?

Să ne amintim însă că o fracţiune din această masă este formată numai din energie, „condensată" conform legii de echivalenţă a lui Einstein. Nu e oare posibil atunci ca această energie să varieze în funcţie de compoziţia atmosferei mezonice ? Aceasta este poate cauza pentru care un hiperon sigma este mai greu decît un hiperon lambda (2 341 faţă de 2 182) ! În ceea ce priveşte faptul că un ksi este mai greu decît un sigma, un sigma mai greu decît un lambda şi un lambda mai greu decît un nucleon, el se explică poate printr-o schimbare, nu a atmosferei mezonice, ci a miezului însuşi.

În fond, se pare că tocmai de acest miez depinde esenţa oricărei particule. În timp ce atmosfera nu apare decît ca un ornament trecător, transformabil după bunul plac al împrejurărilor, ca şi corola electronică a atomului, miezul rămîne intangibil şi inalterat în toate ipostazele nucleonului. Dacă, de exemplu, hiperonul lambda se dezintegrează spontan într-un proton şi un pion, aceasta se întîmplă probabil pentru că el nu este decît un nucleon „supraalimentat", şi nu e exclus ca mezonul K să se afle în aceeaşi situaţie, atunci cînd dă

naștere, dacă ne putem exprima astfel, unei familii de pioni. Această presupunere ridică, de altfel, probleme teoretice în care specialiștii se mai împotmolesc încă.

LA CAPĂTUL MATERIEI

Împotmolirea progresivă a savanților care sondează materia la această adîncime, arată că după un număr de ani de înaintare extrem de rapidă, ei au nevoie, pentru a merge mai departe, să-și revizuiască instrumentarul rațional și să-și asigure o nouă bază de pornire. Căci, nu este oare acest lucru semnificativ ?, pentru a încerca să facă față unor dificultăți de genul celor despre care tocmai a fost vorba, ei sînt nevoiți să recurgă la inventii pe cît de metafizice, pe atît de empirice, cum ar fi noțiunea de *stranietate !* Stranietatea : o caracteristică a hiperonilor și nucleonilor care s-ar înrudi, dacă vreți, cu o sarcină simbolică și care s-ar supune, ca și ea, unei legi generale a conservării. Dar, despre acest subiect nu vom mai spune nimic, de teamă să nu-i încurcăm definitiv pe cititorii noștri și să nu-i facem să creadă că, dincolo de o anumită treaptă a infinitului mic, toate aiurelile sînt permise !

De fapt, nu avem de ce să ne mirăm că, la nivelul la care am ajuns, natura se comportă cam ciudat. Sîntem foarte departe de scara umanului și, dacă putem *concepe* cum sînt făcute nucleele, nucleonii și diversele particule, ne este imposibil să ni le *închipuim*. Dar, poate că este bine să ne oprim la această etapă a explorării noastre și să le recapitulăm pe cele parcurse succesiv.

Să ne amintim de prima noastră escală, în domeniul moleculelor, care a marcat pentru noi granița lumii vizibile, a lumii la scara noastră. Să reprezentăm această moleculă printr-o bilă colosală, cu un diametru de vreo 80 metri. Escala a doua a fost atomul care, conform aceleiași imagini ar putea fi materializat printr-o bilă mai modestă, de înălțimea unui bloc cu șapte etaje. Escala a treia, nucleul, nu mai este atunci decît o bilă de 4 milimetri, iar ultima ne-a pus în fața celui mai mic dintre nuclee, protonul, al cărui miez nu este mai mare decît un vîrf de ac. Dacă ne amintim că, la aceeași scară, o celulă vie ar depăși dimensiunile zgîrie-norului Empire State, avem de ce admira performanța fizicienilor care au ajuns astăzi să analizeze anatomia vîrfului de ac și ni se pare normal că, văzută la scara asta, lumea nu prea seamănă cu cea în care locuim.

E cît se poate de legitim să ne întrebăm pînă la ce punct această lume diferă de a noastră. Să ne închipuim, de exemplu, următoarea intrigă de roman științifico-fantastic : un savant descoperă un elixir care te face mai mic, apoi încearcă experiența pe pielea lui ; și iată-l că se strînge, ajunge pitic, mai scade, ajunge cît un toc de scris, cît un fir de iarbă, cît o picătură de apă, trece pragul invizibilității, care îl ascunde din acea clipă privirii contemporanilor lui, și, alunecînd din ce în ce mai iute pe panta micșorării, coboară la nivelul moleculei, al atomului, al electronului, păstrîndu-și totuși conștiința și inteligența de om. E o fabulă, evident ! O fabulă care ne face totuși să ne întrebăm ce ar zări aventurosul nostru savant în noul său univers.

Desigur, nu prea mare lucru, și organele simțului nu i-ar mai folosi la nimic ! Fiind cu mult

sub dimensiunile celulelor vii, a moleculelor, undelor sonore şi chiar a undelor luminoase, el n-ar putea nici mirosi, nici auzi, nici vedea. E drept că acestea sînt fenomene pur subiective, a căror absenţă n-ar însemna în mod necesar că legile de bază ale lumii s-au schimbat. În ceea ce ne priveşte, nu putem şti efectiv dacă pentru exploratorul nostru din lumea infinitului mic 2 ori 2 ar mai face patru şi dacă aceleaşi cauze ar produce aceleaşi efecte.

Nu ştim acest lucru şi nici nu-l vom şti probabil prea curînd, deoarece e greu de presupus că eventualul inventator al unui „ser de micşorare" ar consimţi să şi-l inoculeze. Dar poate că nu sîntem chiar total neinformaţi asupra acestui lucru. Evident, am fi complet incapabili să spunem ce senzaţii ar putea încerca micşoratul nostru, dar am căpătat recent o certitudine, cel puţin în ceea ce priveşte legile care guvernează universul în care se găseşte el.

Această certitudine ne-a fost dată de experienţa C.E.R.N.-ului, povestită la pag. 187, în ceea ce priveşte identitatea muonului şi a electronului greu. Experienţa era, în fond, o aplicaţie ingenioasă, dar clasică, a legilor electrodinamicii cuantice. Ea a reuşit, ceea ce înseamnă că legile susamintite erau valabile în domeniul particulelor în care fuseseră puse să acţioneze, adică, într-un univers cît se poate de îndepărtat de scara noastră, ba chiar, cît se poate de îndepărtat şi de scara atomului.

Constatarea că electrodinamica cuantică îşi păstrează întreaga eficacitate la aproape şapte zeci de mii de miliardimi de milimetru ($7/10^{13}$ mm) este, fără îndoială, demnă de semnalat. Ea extinde, într-adevăr, considerabil aria de validitate a aces-

tei părți a fizicii. Ea înseamnă că legile cuantice sînt aplicabile nu numai în domeniul atomic, pentru care au fost elaborate, dar într-un sector mult mai larg. Ea satisface puterea noastră de pricepere prin însuși faptul că ne vedem confirmată autoritatea într-un *domeniu* în care ea ne părea cel puțin îndoielnică.

Desigur, asta nu înseamnă că întreaga fizică beneficiază de aceeași extindere a aplicațiilor ei. Nimic nu ne dă dreptul să afirmăm că celelalte legi sau principii pe care se bazează concepția noastră despre lume și influența noastră asupra lumii înconjurătoare rămîn și ele valabile, pînă în inima acestui nou domeniu. În acesta din urmă, ca și în cel al atomului, domnește teoria cuantelor. Ea este cea care determină emiterea de energie de către atom ; ea este aceea care îl obligă să o degajeze în mici pachete și care face, din lumină, un flux de fotoni. Dar din moment ce cuantificarea pare să fie legea supremă în imperiul atomic și nuclear, cine știe dacă ea nu se aplică și spațiului, și timpului ? Cine știe dacă, la scara asta, o lungime, o distanță, o dimensiune nu se descompun într-un șir discontinuu de mici pachete de spațiu, și dacă timpul însuși, bătrînul nostru Chronos, nu se disociază într-o succesiune de mici salturi ?

Trebuie să recunoaștem că, dacă această presupunere s-ar adeveri, consecințele ei ar fi capitale. A considera spațiul și timpul drept cuantificate, ar însemna să renunțăm să le mai privim ca pe ceva continuu. Spațiul devenind discontinuu, ar trebui să ne luăm gîndul de a-l mai măsura. La fel și cu timpul. Cu alte cuvinte, în acest imperiu intranuclear, matematicile noastre, principala unealtă a oricărei cercetări de fizică, n-ar mai servi la nimic, din moment ce ele se bazează în

întregime pe postulatul că timpul și spațiul sînt continui. Sau cu alte cuvinte încă, de la această treaptă a infinitului mic ar trebui să pierdem orice nădejde de a mai pricepe ceva. Aici ar începe pentru noi o lume necunoscută și de necunoscut, nu numai din cauza micimii ei, dar mai ales din cauza regulilor, esențialmente diferite de ale noastre, care ar domni în ea.

Dar, fiți pe pace ! Aceeași experiență a C.E.R.N.-ului care ne-a lămurit asupra validității legilor electrodinamicii ne lămurește asupra valabilității ideilor noastre despre spațiu și timp. Căci este destul de clar că respectarea legilor electrodinamicii în lumea zecimilor de miliardimi de milimetru presupune respectarea noțiunilor temporale și spațiale pe care ele sînt întemeiate.

...ȘI CEVA MAI ÎNCOLO

Avem așadar o garanție că, cel puțin pînă la cîteva zeci de mii de miliardimi de milimetru, spațiul și timpul nu se cuantifică și rămîn supuse legilor ce ne sînt familiare. Pînă la noi informații, putem admite că această lungime marchează limita extremă a înaintării noastre în direcția infinitului mic. Aici se află implîntată tăbliță „stop", în fața căreia s-a oprit acum știința, sau, dacă preferați imaginea, aici drumul pe care a mers din totdeauna fizica încetează să fie luminat de postulatele fundamentale. „Capătul materiei", pe care îl căutăm, e aici, cu mușuroiul lui de particule ce se dezarticulează și intră unele în celelalte ca niște mese japoneze.

...Acest capăt al materiei nu are, după cum vă închipuiți, decît o semnificație absolut relativă, din

moment ce știința nu are nici un motiv să-și prelungească la infinit oprirea la acest indicator „stop", și va porni mai departe de îndată ce va avea posibilitatea. Înotăm, de altfel, aici în plină ipoteză, amenințați în fiecare clipă de recifele metafizicii, fără vreo legătură cu experiența. Bătînd cu nerăbdare pasul pe loc la „stop", în acest loc unde drumul se cufundă în beznă, n-avem decît dreptul de a ne întreba ce surpriză, ce mister, ce secret ne rezervă această întunecime și acest necunoscut. Poate că nu este nici un mister și atunci știința va descoperi, pornind dintr-o nouă etapă, că legile ei continuă să predomine — cel puțin pînă la o anumită limită. Poate că, dimpotrivă, ea va observa că nimic nu se mai potrivește și se va vedea nevoită să inventeze unelte noi pentru a înțelege și domina lucruri și fenomene care nu se mai supun conceptelor și logicii ei. Încă de la escala actuală a croazierei noastre, anumiți indici ne fac să ne temem că aparatul nostru matematic nu mai este poate atît de potrivit pentru ceea ce se întîmplă ; anumite fapte experimentale nu mai pot fi legate de edificiul teoretic decît prin racordări, ca, de exemplu, noțiunea de „stranietate", fapte care au aerul unor pure artificii sau potriveli voite, chiar a unor scamatorii. Fizica matematică dă semne serioase de oboseală și poate că pentru a relua explorarea va trebui construită o matematică în întregime nouă.

UNDE SE VEDE CĂ DREAPTA NU E TOTUNA CU STÎNGA — ȘI INVERS

Dar noi nu facem aici literatură științifico-fantastică și nu ne vom mai chinui creierii cu ceea ce s-ar găsi eventual dincolo de limita fatală.

Respectînd semnalul „stop", vom profita de el pentru a arunca o privire asupra peisajului, rămînînd să o luăm din loc, cît mai repede posibil, de îndată ce un nou progres al științei ne-o va permite. Chiar și în această împărăție a vîrfului de ac, avem multe de învățat și sînt suficiente circumstanțe în care comportarea numitului vîrf de ac are de ce să ne mire.

Mai e oare nevoie să amintim că această împărăție este cea a particulelor, a acelor circa treizeci de „*oni*" care se înghiontesc pe treapta inferioară a atomului ? Împărăția fotonului, a electronului, a nucleonului, a mezonului, a hiperonului și a antiparticulelor de tot soiul : populație turbulentă, căreia fizicienii îi descoperă puțin cîte puțin legile, legi atît de stranii, încît ele determină cînd atribuirea unui premiu Nobel, cînd discuții interminabile în congresele științifice.

La 8 decembrie 1957, debarcau la Stockholm cei doi laureați ai premiului Nobel de fizică, decernat cu o lună înainte. Luna Crăciunului începuse. Stelele și pomii de Crăciun ai capitalei se aprindeau în frigul negru străbătut de zăpadă. La Casa Concertelor se și pregătea ceremonia solemnă în cursul căreia regele Gustav al VI-lea trebuia să înmîneze laureaților premiul și diploma.

Primele personalități care primiră pe cei doi fizicieni premiați rămaseră înmărmurite, ca, de altfel, toți cei ce văzuseră fotografia : erau doi tinerei cu fețe de copil, doi chinezi pe care ți i-ai fi închipuit mai degrabă la serbarea premiilor într-o școală de cartier decît la ceremonia de decernare a premiilor Nobel. Și totuși, Lee și Yang aveau la vremea aceea 31 și, respectiv, 35 de ani. Ei plecaseră din țara lor după război și deveniseră profesori, primul la Universitatea Columbia din New

York, cel de al doilea la Institutul din Princeton. Tocmai se căsătoriseră. Cecul gloriei venea la timp. Și după ce au expus, cu politețea lor specifică, ceea ce făcuseră, nimeni nu s-a mai îndoit că meritaseră premiul.

După cum am mai arătat în această carte, marile descoperiri științifice se nasc uneori dintr-un fenomen atît de neînsemnat, încît nimeni nu-i dă atenție — în afară de un om mai perspicace și cu mai multă imaginație. Așa a descoperit Einstein relativitatea, reflectînd asupra lipsei vreunei diferențe dintre două experiențe de interferență, iar Soddy a dedus existența izotopilor din diferența de masă dintre doi atomi. Fără îndoială că Lee și Yang posedă o penetrație a spiritului de un ordin asemănător, din moment ce, asistînd, în 1956 la Brookhaven, la crearea de mezoni grei la marele „cosmotron" de 26 de GeV, interesul lor a fost atras mai ales de un fapt minuscul, care scăpase tuturor. Abia creați (adică după o zece-milionime de secundă), acești mezoni se dezintegrau cînd în doi, cînd în trei mezoni π. „Pentru ce această diferență de conduită ? se mirară cei doi fizicieni. Pentru ce ba doi, ba trei ? Nu cumva sînt două feluri de mezoni grei, unul care se transformă în doi pioni și celălalt în trei ?".

Dar cum puteau acești mezoni grei să fie de specii diferite din moment ce aveau cu toții aceeași masă, aceeași durată medie de viață și același spin nul ? Lee și Yang au ajuns, nu e cazul să explicăm aici prin ce raționament, la o concluzie bizară ; ne vom mulțumi să dăm rezultatul. Mezonii grei în cauză trebuie să se fi deosebit numai prin modul lor de dezintegrare, aceasta efectuîndu-se cînd la dreapta, cînd la stînga ; ceea ce însemna că în loc să nu aibă, după cum era de așteptat,

nici dreaptă, nici stîngă, nici sus, nici jos, particulele aveau o parte dreaptă și o parte stîngă, pe care nu le încurcau. Așa cum, printre oameni, există dreptaci și stîngaci, așa și printre acești mezoni sînt unii care nu-și exercită acțiunea decît la stînga, iar alții care nu și-o exercită decît la dreapta.

O asemenea ipoteză avea, nu e greu de ghicit, darul de a face lumea să ridice din umeri : *principiul parității*, conform căruia nu există în univers nici dreaptă, nici stîngă, nu fusese niciodată pus la îndoială de nimeni. Iar dacă cineva obiecta că o mînă dreaptă nu este totuși identică cu una stîngă, era suficient să fie invitat să-și privească cele două mîini într-o oglindă, pentru a-l convinge că era o simplă chestiune de simetrie.

De aceea, cei doi chinezi trebuiră să întreprindă o serie întreagă de experiențe pentru a-și argumenta propunerea. Ei începură prin a imobiliza complet atomii unui radio-element (cobaltul 60) răcindu-i aproape pînă la zero absolut ; apoi au observat în ce parte își aruncau acești atomi radio-activi electronii. La prima vedere, n-ar fi existat nici un motiv pentru ca ei să-i arunce cu predilecție într-o anume parte și nu în cealaltă. Și totuși, așa s-a întîmplat. Jetul electronic s-a dovedit net mai bogat într-o anumită direcție, ceea ce însemna că principiul parității nu mai acționa.

În ianuarie 1953, Yang și Lee reușiră să generalizeze această concluzie. Ei au arătat că ea se aplica numai unora dintre particulele cunoscute — mai precis, acelora în care nu acționează formidabila forță nucleară despre care s-a vorbit mai sus. Vă puteți închipui ce răsunet a avut în cercurile

fizicienilor această infidelitate a unui principiu al naturii care părea atît de solid, care părea că se înțelege de la sine, ca 2 ori 2 fac 4.

MĂREȚIE ȘI DECĂDERE A DETERMINISMULUI

Oricît de percutantă a părut specialiștilor această revelație, trebuie să constatăm că ea nu avea consecințe practice. De la bun început, ea nu tulbura decît un sector destul de restrîns al fizicii. Muritorii de rînd nu se sinchiseau de ea, și nici în tabăra filozofilor, care, altfel, sînt gata oricînd să pălăvrăgească la nesfîrșit pe marginea lucrărilor savanților, noua descoperire nu părea să stîrnească prea mare senzație. Nici măcar pe oamenii politici nu păru să-i șocheze că particulele alegeau cînd dreapta cînd stînga.

Cu totul altfel s-au întîmplat lucrurile în legătură cu alte cercetări asupra aceluiași univers al particulelor, care, începute în 1927, s-au întins pe o durată de peste un sfert de secol. De data aceasta, lumea fizicii a fost răscolită ca o mare agitată, cea a filozofiei a intrat în fierbere, și agitația a atins pînă și sferele religiei. Pînă și sociologii și politicienii de cartier au găsit cu cale să menționeze problema în discursurile adresate clientelei lor. Ne referim evident la marea discuție pe marginea determinismului, care nu putea fi dezbătută decît de oameni de știință, dar în care toată lumea a găsit ceva de spus — fără să priceapă de altfel mare lucru. Dar parcă prin 1922 nu discutaseră și băcanul în prăvălia lui și cucoana în salonul ei despre relativitate sau metempsihică fără să aibă habar nici despre una, nici despre cealaltă ?

Determinismul ? Trebuie să mărturisim cu curaj că nu este aici nimic complicat sau ermetic ! Imaginea cea mai simplă ne-o furnizează un obuz : dacă ni se dau legea mișcării lui și condițiile lansării (viteză inițială, unghi de tir etc.), toate circumstanțele deplasării lui prezente și viitoare pot fi determinate fără ambiguitate. La fel se întîmplă dacă în locul tirului cu obuz avem de a face cu orice alt fenomen căruia îi cunoaștem legea și condițiile inițiale : starea lui viitoare este determinabilă, deci previzibilă. Putem să complicăm fenomenul cît vrem și să-l presupunem format dintr-o mulțime de fenomene elementare dacă știm ce regulă le conduce pe fiecare la un moment dat, putem la fel de bine să prezicem evoluția ansamblului în orice moment dorim. În caz extrem, dacă ne închipuim că un savant genial ar descoperi legea tuturor fenomenelor din univers, precum și starea lor în momentul inițial t_0, i-ar fi „de ajuns" să formeze și să rezolve un anumit sistem de ecuații diferențiale pentru a cuprinde trecutul, prezentul și viitorul cosmosului întreg. Tocmai asta și spunea Laplace într-o frază celebră, și cred că nu poate exista o mai bună definiție a determinismului clasic.

Nu încape îndoială că acest determinism stă la baza științei înseși. Știința este căutarea legilor după care se conduc fenomenele și, cine spune lege, presupune posibilitatea de a o aplica pentru a urmări desfășurarea în timp a fenomenelor. Așa încît, după cum cred și musulmanii cînd spun la fiecare pas fatalistul *Inch'Allah* [1], viitorul este inscris în prezent, fiind o funcție a acestui prezent... și nu depinde de noi să-l schimbăm.

[1] Așa vrea Allah.

E limpede că vîrsta de aur a determinismului a coincis cu vîrsta de aur a scientismului și că, înflorind pe vremea lui Laplace și Claude Bernard, el și-a găsit dezvoltarea maximă în vremea lui Helmholtz, Kelvin, Haeckel, Berthelot și Le Dantec. Liberul arbitru fusese gonit din știință, iar hazardul, cel care se manifestă în jocul de-a stema sau banul, decăzuse la rangul de incertitudine omenească, rezultînd din imposibilitatea practică de a rezolva un sistem atît de încîlcit de ecuații diferențiale.

Pînă în primii ani ai acestui al XX-lea veac, toți savanții demni de acest nume erau pătrunși de venerație și de admirație pentru acest tablou tradițional și superb. Numai adepții liberului arbitru, partizanii finalității, spiritele religioase refuzau să se încline acestei Gioconde a științei.

Pînă în primii ani ai acestui secol, am scris noi. Da, căci începînd din acea clipă mulți au văzut cu neliniște cum tabloul începe să se scorojească și să crape. Vorbind mai simplu, loviturile date scientismului de către descoperirea cuantelor, a emisiei radio-active, a mecanismului electronilor și chiar a mutațiilor genetice nu întîrziaseră să se răsfrîngă asupra sănătății bătrînului determinism. Urmară apoi, în 1924, inventarea mecanicii ondulatorii de către Louis de Broglie; în 1926, înlocuirea datorată lui Schroedinger, a orbitelor electronice cu „unde de probabilitate"; în 1927, demonstrarea „principiului incertitudinii" de către Heisenberg; în 1928, cea a „principiului complementarității" de către Bohr — o serie întreagă de noutăți revoluționare din care reieșea, în mare, că o particulă era în același timp o undă, că o undă se reducea la o simplă curbă de probabilitate, că era fundamental imposibil să afli în același timp poziția și viteza

precisă a unui corpuscul și că ceea ce trecuse pînă atunci drept realitate nu era decît un miraj, lumea nefiind, în fond, decît o gigantică țesătură pur matematică.

Toți savanții citați, și mulți alții, care s-au raliat ideilor lor perfecționîndu-le, ca, de exemplu, laureații premiului Nobel — Dirac, Born, Pauli și Fermi — erau minți de prima mărime. Subjugată, întreaga știință le călcă pe urme. Toată lumea renunță la bătrînul determinism al lui Laplace și ridică în slăvi tînărul indeterminism. Se admise că, atunci cînd observăm un fenomen, ceea ce vedem nu este fenomenul propriu-zis, ci fenomenul modificat prin intervenția observatorului ; fizica încetă să pretindă că înregistrează fapte precise, pentru a se resemna să nu mai vorbească decît de statistici și de probabilități. Această nouă metodă, numită probabilistă, reuși să regăsească și să explice întregul conținut al fizicii atomice, și știința îl adoptă în unanimitate cu entuziasm.

...*Toți* savanții... *toată* lumea... știința în unanimitate... Nici chiar așa ! În timp ce adunări pătimașe îmbrînceau cu gălăgie înlături bietul determinism copleșindu-l cu blesteme, cîte unii se țineau totuși deoparte. Dintre aceștia, o parte se întrebau dacă e cuminte să renunți cu totul la o concepție care a slujit atît de multă vreme și cu atîta folos, iar alții continuau să se declare cu hotărîre, și mai mult ca oricînd — determiniști.

Cîte unii, spuneam — și nu dintre cei mai mărunți, fiind vorba de Einstein, de Planck, de Schroedinger, de Langevin și, cine ar fi zis, de Louis de Broglie însuși. În timp ce se întorcea de la Bruxelles la Paris, în 1927, în tovărășia creatorului relativității, *„am avut,* povestește el, *o ultimă convorbire cu Einstein pe peronul de sosire*

al Gării de Nord. El îmi mai spuse că nu prea avea încredere în interpretarea indeterministă și că dezaproba orientarea prea categorică pe care începea s-o capete fizica cuantică ; exagerîndu-și poate un pic gîndul, el îmi spunea că orice teorie a fizicii trebuie să poată fi ilustrată fără nici un calcul matematic, prin imagini atît de simple, «încît și un copil să le poată pricepe». Desigur că interpretarea pur probabilistică a mecanicii ondulatorii mai avea pînă acolo ! La ieșirea din gară, despărțindu-ne, el mi-a spus cam așa : «Continuați ! Sînteți pe drumul *cel bun !»*" [1]

„Drumul cel bun", asta însemna întoarcerea la vechile principii, întoarcerea în care Einstein continua să spere. *„Nu putem prevedea decît probabilități,* obișnuia el să spună. *Fie. Dar nu pot totuși să-mi închipui că Dumnezeu își pierde vremea jucînd zaruri !"* Curentul antideterminist era însă atît de puternic și obținea succese atît de mari, încît nimeni, nici măcar Einstein, nu-l putea combate sau măcar zăgăzui. De aceea probabil și-a instalat domnia pentru douăzeci și cinci de ani.

Dacă probabilismul domnea în fizică, fizicienii n-aveau decît să se acomodeze cu situația și să discute. Nenorocirea a fost că el a coborît curînd din empireul lui matematic pentru a se amesteca în certurile profanilor. Închipuiți-vă pe un *minus habens* oarecare intrînd într-un laborator și șterpelind o părticică de radiu. Vă dați seama ce stricăciuni ar putea face. Cam așa s-a întîmplat și atunci cînd niște oameni necompetenți, aflînd că determinismul o ducea prost s-au apucat să folosească această situație drept argument în demonstrații care nu aveau nici în clin, nici în mînecă cu

[1] Louis de Broglie : *Noi perspective în microfizică* (Albin Michel, 1956) (n.a.).

știința. Să ne amintim că „determinism" fusese totdeauna sinonim cu „evoluție", în opoziție cu „creație", sinonim cu „cauzalitate", în opoziție cu „liber arbitru", în sfîrșit, sinonim cu „cunoștințe raționale" în opoziție cu „revelație". Prezentînd natura ca pe un mecanism ale cărui rotițe sînt minuțios angrenate, servise drept armă necredincioșilor pentru a dovedi că îi era imposibil unei divinități să se fi strecurat în niște piese atît de perfect ajustate. Cu alte cuvinte, el fusese mînuit cu ardoare și virtuozitate de către atei și de către toți oamenii cu idei liberale și progresiste.

E lesne de înțeles, în condițiile acestea, strigătul de triumf care a izbucnit din rîndurile adversarilor, atunci cînd niște oameni de talia unui Bohr și a unui Heisenberg le-au oferit pe tavă un dar atît de nesperat : respingerea determinismului de către știință ! Imediat, ofensiva s-a întins ; predicatorii au atacat doctrina disprețuită cu aceeași vigoare cu care, cu 50 de ani mai înainte, predecesorii lor atacau „pe bunica noastră maimuța" sau pe „egalitariști" ; încîntați să reînvie faimosul „faliment al științei", bazîndu-se pe o autoritate științifică recent cucerită, cronicarii cuminți proclamară că, renegînd ceea ce adoraseră ieri, știința se dovedea a fi definitiv în plină decadență.

— Vedeți, exclama auditoriul în cor, pînă și electronul beneficiază de liberul arbitru ! Mai bine ar renunța știința la pretențiile ei de a cunoaște precis fenomenele ! Să ne încredem mai degrabă în facultăți ale sufletului, cum ar fi intuiția și să nu ne mai lăsăm păcăliți de spusele unor oameni care au suferit o înfrîngere atît de usturătoare...

Cu 1950—1952 a început o nouă etapă a istoriei. Au fost inventariate particule peste particule, au fost descoperite forțele nucleare, asimetria încărcăturilor pozitive și negative și anumite aspecte inexplicabile ale teoriei cuantice. S-a văzut atunci că unealta probabilistă și nedeterministă nu se potrivea peste tot. La drept vorbind, ea ducea chiar la contradicții și trebuie să credem că aceste contradicții erau suficient de violente pentru a degenera în scandal, din moment ce fizicianul francez J. P. Vigier, discipol al domnului Louis de Broglie, a putut scrie în 1957, într-o scrisoare către ziarul *Le Monde* : *„Publicul cult trebuie să știe, și ar fi ridicol să pretindem a-i ascunde că în fața actualei crize (caracterizată, îndeosebi, de imposibilitatea de a da explicații complete despre transformările particulelor elementare și despre forțele nucleare, precum și de a împăca celebrele divergențe privind teoria cîmpurilor), o mare zăpăceală domnește printre fizicienii teoreticieni, și aceasta pe scară internațională ; zăpăceală care a determinat pe întemeietorii cei mai iluștri ai teoriei cuantelor să procedeze, în direcții diferite, la o «revizuire sfîșietoare» a ideilor lor anterioare“*.

Și, într-adevăr, cum ar fi putut, bieții de ei, să se descurce ? În timp ce ei înșiși reduceau particulele la niște simple umbre matematice sau la o întîlnire mai mult sau mai puțin vagă de probabilități, în timp ce ei nu-și permiteau nici să le localizeze cu precizie, să traseze o imagine concretă a lor și, *a fortiori*, să le cerceteze structura, confrații lor experimentatorii manipulau aceste particule în toate sensurile, le măsurau și le dezvăluiau

arhitectura ! Cum se spune mai popular, teoreticienii arătau strașnic...

În 1952, un tînăr fizician american, pe nume David Bohm, căuta mijlocul de a termina cu dezordinea asta. El a scris un memoriu pe care l-a trimis lui Louis de Broglie și, dintr-o dată, savantul francez a fost cuprins de înflăcărare. Bazîndu-se pe ideile lui și pe cele ale lui J.-P. Vigier, el a actualizat vechea lui tentativă, a împăcat mecanica ondulatorie cu determinismul și a reluat ofensiva sub titlul : *Fizica cuantică va rămîne oare nedeterministă ?* Însuși acest titlu însemna o victorie a determinismului ! Era, într-adevăr, de mirare că timp de un sfert de secol oameni de știință dintre cei mai cunoscuți au făcut așa de puțin caz de principiile fundamentale care au guvernat cercetarea științifică de cînd lumea, și mai ales de principiile identității și necontradicției. Era chiar de mirare cum reușeau ei să mînuiască rînd pe rînd teoria relativității, care este deterministă, și mecanica ondulatorie, care nu era deterministă...

Cititorul nu trebuie totuși să creadă că zeului Determinism îi fusese de-ajuns să se arate pentru a învinge și că, în zilele noastre, toți savanții i-au redevenit fideli. Nici vorbă. Amprenta lăsată de o domnie atît de îndelungată a probabilismului este prea adîncă, intervenția acestuia în capitolele cele mai variate ale fizicii — prea frecventă, utilitatea și reușita ei prea evidente pentru ca să fie posibilă o revenire la ezitările de altădată. În afară de Louis de Broglie, J.-P. Vigier și discipolii lor din Franța, Bohm în Statele Unite, Blohințev în U.R.S.S. și cîțiva alții, puțini savanți au făcut pînă acum această meritorie întoarcere cu 180 de grade. Unii, ca logiciana franceză Paulette Février-Destouches, nu cred că mecanica ondulatorie poate

deveni deterministă fără să se adauge anumiți factori bizari mai mult sau mai puțin metafizici — de teapa „ciudățeniei" despre care a fost vorba mai sus ; alții neagă pur și simplu că discuțiile de acest gen prezintă vreun interes științific. Chiar și Francis Perrin atrăgea atenția, în 1954, că efortul lui Louis de Broglie, J.-P. Vigier și Bohm nu primise nici o confirmare experimentală și era de natură exclusiv filozofică. *„Vreau să spun,* adăuga el, *că acestea nu reprezintă, la drept vorbind, pînă acum (...), vreun progres științific veritabil sau vreun contact cu experiența."*

...Lucru la care se putea, de altfel, răspunde, cum a și făcut domnul J.-P. Vigier, că nu găseai oricînd la îndemînă o experiență care să ratifice pe loc o teorie nouă. Au trebuit treizeci de ani *„pentru ca ideile lui Maxwell despre teoria cinetică a gazelor să primească primele lor verificări experimentale".*

Așa se prezintă, scumpe cititor, problema în stadiul actual și aceasta este poziția adversarilor. Oricare ar fi argumentele aduse de ambele tabere, nu mai este posibil astăzi să afirmăm existența particulelor fără a le localiza și a le preciza structura. Ele nu mai sînt pure himere matematice ; în spatele formalismului în x și y care le învește mîntează, se ascunde o realitate certă, din moment ce le cîntărim, le măsurăm, iar marile acceleratoare le și disecă.

LA CAPĂTUL MATERIEI, CARE E REALITATEA ?

...Această realitate, de care fizica contemporană ne obligă totuși, cu autoritatea atîtor triumfuri zdrobitoare, să ne îndoim ! Căci, dacă materia este

făcută din particule, ce se întîmplă cu ea din clipa în care considerăm că aceste particule nu sînt de fapt decît punctele de întîlnire ale unor unde de probabilitate ? Să nu fie oare materia decît o individualitate matematică ? Şi nu se poate oare obţine imaginea unei particule decît folosind două pensule deosebite, pensula corpusculară şi cea ondulatorie ?

Nu-s particule : nu-i materie ; nu-i materie : nu există lume exterioară. Sau, mai bine zis, din moment ce nu putem cunoaşte despre fenomene decît ceea ce dă la iveală interferenţa lor cu observatorul, nu există lume exterioară independentă de acest observator. Universul nu există în afara noastră, şi lucrurile nu au fiinţă decît în clipa în care acţionăm asupra lor.

Conform fizicii moderne, cea a lui Bohr şi Heisenberg, nu ar exista deci realitate materială. Natura n-ar fi decît o gigantică urzeală ţesută de o funcţie a unor unde de probabilitate, iar în spatele acestei urzeli n-ar fi nimic. Concepţie bizară, desigur, şi care la prima vedere pare mai aproape de abstracţiile subtile ale scolasticii medievale decît de lucrările experimentale de la Saclay, de la C.E.R.N. şi de aiurea ! Concepţie împotriva căreia ne revoltăm instinctiv din moment ce, dacă universul ar fi lipsit de orice materialitate, el s-ar reduce la un ansamblu de *numere* perceptibile numai prin raţionament, şi ar fi iremediabil de neînţeles pentru noi.

Nu aceasta era părerea lui Einstein, după care legile fizicii, cele ale gravitaţiei, luminii, căldurii şi altele, descriu o realitate autentică, tangibilă şi exterioară nouă. Dar nu scria oare acest savant : *„lucrul cel mai de neînţeles pe lume este faptul că putem înţelege lumea“* ? Nu este nici părerea lui

Louis de Broglie, care declara într-o zi autorului acestei cărți : *„Cred că există o realitate, dar noi nu-i cunoaștem decît aspectele refractate de simțurile noastre. Eu sînt un amator de cuvinte încrucișate. Cînd întreprinzi descifrarea unei astfel de ghicitori, trebuie să presupui mai întîi că cel care a făcut-o i-a dat un sens inteligibil și coerent, astfel încît să existe o corespondență între ea și rațiunea noastră. Tot așa se întîmplă și atunci cînd te apuci să descifrezi natura cu ajutorul științei. Dacă în spatele fenomenelor nu ar exista o realitate inteligibilă, natura ar fi indescifrabilă și știința nu ar avea sens.“* [1]

Și apoi, cum spune înțelepciunea populară, de unde nu e foc nu iese fum. Deși intuiția nu are cine știe ce valoare în asemenea caz, sîntem tentați să gîndim că trebuie să fie *ceva* la baza formidabilei schelării de ecuații a fizicii de astăzi.

Vertiginoasa ei abstracție este de fapt la originea zăpăcelii ei. Zăpăceală pe care nimeni, pare-se, nu o mai contestă și în fața căreia cei mai „probabiliști“ dintre savanți recunosc :

— Va trebui să ne modificăm teoriile și, poate, să revenim la o interpretare mai concretă a faptelor experimentale. Bătrînul determinism *à la* Laplace este probabil condamnat ; el se potrivea unui anumit nivel al cunoștințelor noastre despre materie și nu se mai potrivește cu ceea ce știm despre ea la nivelul particulelor elementare ; va trebui, probabil, să schimbăm felul de a pune problema ; aceasta va trebui poate privită din alt punct de vedere ; interacțiunile pe care le descoperim la scara particulelor ne vor obliga poate

[1] *Revue de Paris* (mai 1950) (n.a.).

să inventăm un nou determinism, mai profund și mai puțin rigid decît primul...

După părerea celor mai autorizați oameni de știință, microfizica trece acum printr-o perioadă de fecunditate și confuzie, cum n-a cunoscut ea niciodată, de cînd există. Ea posedă instrumente de o putere colosală, cercetători numeroși, plini de talent și de zel, savanți cu o imaginație bogată și originală, pe care nu-i sperie nici un anticonformism. În dosare, descoperirile se acumulează ; în fiecare lună un val de reviste năvălește în laboratoare aducînd grămezi de rezultate inedite, de măsurători, de cercetări, fiecare dintre acestea constituind o cărămidă pentru viitoarea clădire. Problema este însă cum să înmagazinezi această formidabilă recoltă al cărei morman crește fără încetare, cum să faci apoi trierea și să tragi concluziile. N-avem de ce ne mira că, depășiți de această mare de descoperiri, înghițiți de ea, fizicienii înoată în plin haos și n-au reușit încă să se orienteze. Ei știu că metoda pe care au folosit-o mai ieri și-a trăit veacul, dar nu au avut încă timp să inventeze alta, așa că, deocamdată, se zbat cum pot.

Fizica a mai trecut, pe vremuri, într-un grad mult mai mic, prin astfel de faze de stagnare și de dezordine, care urmau după perioade de limpeziri și de progres. Exact ca și cum, în anumite epoci, ea s-a mulțumit să îngrămădească material fără să se ostenească să-l claseze, pentru ca, apoi, o inteligență neobișnuită să facă din această grămadă care tot creștea o construcție organizată. Fiecare dintre fizicieni încearcă acum să găsească locul cîte unei bucăți într-o imagine ruptă, fără

să cunoască imaginea... unii fiind chiar de părere că ea nu există.

Tot așa, în 1913, predecesorii fizicienilor din zilele noastre recoltau informații abundente în legătură cu construcția atomului, spectrului și liniilor sale și își spărgeau capul să găsească interpretarea atîtor date disparate. Pînă cînd un tînăr cercetător, pe nume Bohr, adunînd cum se cuvenea această masă incoerentă, deduse arhitectura atomului, cu orbitele lui, cu salturile electronilor și cu nivelele de energie.

Și în zilele noastre, fizica e copleșită de un munte de fapte. De cîțiva ani, ea nu mai înaintează, mărginindu-se, în lipsă de altă posibilitate, să îngrămădească faptele în jurul ei. Ea seamănă puțin cu un bibliofil căruia un prieten i-a lăsat moștenire biblioteca sa. Inundat în avalanșa de cărți noi, omul nostru nu se gîndește, la început, decît să le găsească un loc și le înghesuie oricum într-un colț al biroului său. „Am să le aranjez mai tîrziu. Și ce de comori am să găsesc !" își spune el frecîndu-și mîinile.

Nu încape îndoială că la fel se întîmplă și cu prodigioasa recoltă de fapte capitalizată acum de știința atomică și nucleară. De asemenea, nu încape îndoială că în ea se ascund descoperiri formidabile, capabile să reînnoiască fizica. Dificultatea este să le descoperi și să le scoți la lumină... Poate chiar în clipa aceasta, un necunoscut genial, un Bohr al zilei de mîine, cercetează datele cele mai semnificative, meditează asupra lor, și este gata să primească vizita inspirației care să-i dezvăluie fulgerător teoria generală așteptată de știință de 30 de ani.

Iată-ne, deci, ajunşi la ceea ce putem considera deocamdată ca fiind „capătul" materiei, bornă misterioasă dincolo de care ne întrebăm dacă această materie se împrăştie într-adevăr în abstracţii inconsistente. Frontieră, dincolo de care sîntem foarte tentaţi să aruncăm o privire pentru a ghici ce se întîmplă acolo. Dar, o asemenea curiozitate este oare legitimă ? Posedăm noi oare vreun mijloc raţional de a şti care va fi teoria generală de mîine ?

Într-un singur caz, anticipaţia este legitimă : atunci cînd ea este extrapolarea unei invenţii cunoscute. Astfel a procedat autorul acestei cărţi în lucrarea sa *Istoria viitorului*. Dar, invenţiile de mîine nu vor fi neapărat toate perfecţionări sau consecinţe ale celor de astăzi ; vor exista desigur şi descoperiri întîmplătoare imprevizibile acum şi care vor fi poate de natură să răstoarne complet toate pronosticurile. Cine ar fi putut prezice, în 1894, radioactivitatea şi în 1937, construcţia bombei atomice ? Şi cine ar fi putut bănui că aceste două evenimente vor avea o asemenea importanţă pentru destinul oamenilor ?

Nu ne vom ambiţiona acum să aflăm ce ne pregăteşte ştiinţa pentru ziua de mîine. Nu ne vom încumeta să ridicăm vălul lui Isis pentru a încerca să-i iscodim tainele. Slavă Domnului, universul pe care îl cunoaştem este destul de vast şi destul de variat pentru a ne satisface setea de cunoaştere şi pofta de noutăţi. Să nu uităm că el este format dintr-un număr de particule aranjate într-un anumit fel, dar că acest fel poate foarte bine să nu fie singurul, natura avînd mai multă imaginaţie

decît noi. În regiunea universului pe care o cunoaștem, materia este făcută din atomi construiți, fiecare, dintr-un nucleu pozitiv înconjurat de o corolă de electroni negativi. Dar, nimic nu ne garantează că natura se mulțumește să reproducă oriunde, veșnic, aceleași modele. Cine știe dacă aiurea atomii nu au un nucleu negativ și electroni pozitivi sau dacă anturajul lor electronic nu este într-atît de apropiat de nucleu, încît să-l atingă aproape ? Sau dacă nucleonii și electronii nu sînt înlocuiți cu mezoni sau cu vreun alt corpuscul ?

În fond, chiar dacă numai cîteva dintre cele treizeci de particule elementare înregistrate astăzi sînt apte să formeze materie, numărul combinațiilor posibile este și așa destul de bogat în eventualități ! Așadar, se pot concepe acum mai multe specii de materie ; astfel stînd lucrurile, nu este absurd să ne gîndim că mai pot exista și alte universuri decît al nostru, universuri făcute din atomi de un soi diferit. Veți obiecta că fac aici o ipoteză gratuită, ba chiar cît se poate de fantezistă ? Vă voi îndruma spre recentele studii ale astronomului francez Évry Schatzman și ale confraților săi sovietici Saakian și Ambartsumian, precum și spre o conferință pronunțată în iunie 1961, de către celebrul savant André Lallemand, inventatorul telescopului electronic.

PITICE ALBE ULTRA-PITICE

Misterios titlu! Parcă special făcut pentru a pune în încurcătură pe profan, deoarece la prima vedere acesta trebuie să se întrebe dacă „piticele albe" sînt eroine ale vreunui film de groază sau ale

vreunui reportaj despre cine știe ce populație vag cunoscută din Monomotapa sau din Donogoo-Tonka.

Dar, cititorul nostru este mai bine informat în privința aceasta, pentru că a mai fost vorba, la pag. 148, de piticele albe : de aceste stele de o densitate extraordinară, cum ar fi Satelitul lui Sirius sau steaua Van Maanen 2, care cîntăresc pînă la 30 de tone pe centimetru cub. Pentru ce sînt numite „pitice albe" ? Pentru că, pe lîngă faptul că sînt masive, ele sînt totodată și foarte mici (ceea ce și explică marea lor densitate), iar suprafața lor este atît de fierbinte, încît lumina lor bate în alb.

Am explicat de unde se trage densitatea bizară a acestor astre : de la materia degenerată din care sînt făcute. Cu alte cuvinte, striviți de o presiune fabuloasă, atomii lor constitutivi se dizlocă și electronii sînt despărțiți de nucleul lor ; materia lor încetează astfel de a mai fi organizată și nu mai formează decît un terci nedefinit de particule, care pot fi comprimate într-atît, încît aproape să se atingă.

— Dar, veți întreba, de unde poate veni o asemenea presiune, care nu seamănă cu nimic din ceea ce întîlnim în jurul nostru ?

Ea este explicată, în zilele noastre, prin evoluția normală a stelelor.

Nu e cazul să mai explicăm cititorului acestei cărți că, asemeni ființelor vii, stelele se nasc, se dezvoltă și mor. O stea nu-și merită, în fond, numele decît atîta vreme cît radiază căldură. De unde-și procură această căldură ? Cititorul știe că ea o obține printr-o reacție termonucleară permanentă. Soarele strălucește pentru că este un fel de enormă bombă H în perpetuă explozie ! Ca

și toți semenii lui, el își „arde" hidrogenul, „cenușa" reacției fiind heliul. Îmi veți spune că hidrogenul sfîrșește prin a se epuiza, și că atunci steaua este condamnată la stingere. Nu chiar atît de curînd ! Ea utilizează atunci toate mijloacele disponibile și consumă în reacție ce se nimerește : carbon, oxigen, fier etc. Chiar după ce a consumat tot, ea nu e încă la capătul resurselor : îi mai rămîne soluția de a se contracta.

Într-adevăr, cum își dă seama oricine, ceea ce s-a consumat nu mai există : straturile de gaz care se află deasupra straturilor „arse" nu se mai sprijină pe nimic. Ele sfîrșesc prin a se prăbuși, dînd naștere unui cataclism formidabil, și contracția care urmează acestei prăbușiri furnizează suplimentul de căldură necesar. Exact pentru același motiv pentru care o pompă de bicicletă se încălzește cînd comprimăm aerul din ea. E limpede că, repetată de mai multe ori, o astfel de strîngere comprimă din ce în ce mai violent materia care se află dedesubt și că atomii acesteia, incapabili să suporte presiunea, crapă, se dezagregă și se risipesc pînă la urmă în nuclee și electroni. Și iată cum steaua, din ce în ce mai zgîrcită și mai condensată, devine foarte caldă, și ajunge o pitică albă.

Dar, după părerea domnului Schatzman și a colegilor lui sovietici, povestea poate foarte bine să nu se oprească aici. Contracția poate să continue, iar electronii și nucleele să fie nu numai comprimați, dar puși chiar în contact unii cu alții. Atunci apare un fenomen nou. Energia cu care este strivit acest terci de particule devine atît de imensă, încît, combinîndu-se între ele, acestea dau în mod spontan naștere unor neutroni. Ba chiar, cînd presiunea corespunde unei densități de 200 de tone

pe centimetru cub, terciul nu mai conține decît neutroni. [1]

Și cu asta nu s-a terminat. Contracția continuînd, neutronii cedează la rîndul lor, dînd naștere unor hiperoni. Atunci, densitatea se apropie de un miliard de tone pe centimetru cub !

Ne este desigur imposibil să ne închipuim practic semnificația unor asemenea numere : abia putem concepe faptul că, pus pe talerul unei balanțe, un centimetru cub din această substanță hiperonică ar ține în echilibru 10 milioane de locomotive *Pacific 231*. Aceasta ar fi, ca să spunem așa, materie în stare pură, adică, corpuscule reunite pînă la formarea unei mase compacte fără nici un gol.

Rămîne de știut dacă stelele de genul acesta ar degaja lumină. S-ar putea ca ele să nu fie detectabile decît în urma perturbațiilor provocate de cumplitul lor cîmp de gravitație asupra mișcării celorlalte stele și cum, conform teoriei relativității generale, un cîmp de gravitație curbează spațiul cosmic — așa cum o bilă formează o adîncitură în pînza pe care este așezată [2] — s-ar putea ca spațiul care înconjoară steaua hiperonică să fie într-atît de curb, încît să se închidă în jurul ei ! Astrul s-ar găsi astfel înfășurat în propriul lui spațiu ca într-o scoică, microcosmosul acesta constituind în univers un fel de enclavă, despre care nimeni n-ar putea avea cunoștință. [3]

---

[1] În anul 1967 s-au descoperit primii „pulsari". Aceștea sînt stele neutronice și, ca o confirmare a ipotezelor mai vechi, restul supernovei din 1054 din Taurul este un pulsar, o stea neutronică.

[2] V. p. 353.

[3] Sînt așa-numițele „găuri negre" în Univers, care pînă la ora actuală nu au fost identificate. Ele s-ar face simțite numai prin gravitația pe care o exercită.

Dacă piticele albe există cu adevărat, surorile lor neutronice [1] și hiperonice nu sînt deocamdată decît niște posibilități teoretice. Ne întrebăm, de altfel, cum ar putea astronomii să aibă cunoștință de prezența lor, din moment ce, dacă ar avea o densitate de ordinul a 200 de tone pe centimetru cub, o stea cu o masă ca a Soarelui ar ajunge la un diamestru de aproximativ 2 600 km (în loc de 1 300 000). E adevărat că, dacă ar fi făcută din hiperoni, diametrul ei n-ar fi decît de 25 ![2] Inima ei ar fi constituită din astfel de particule grele, înconjurate cu un strat de neutroni. După Saakian, presiunea în centru s-ar ridica la vreo 5×10^{28} atmosfere...

Existența posibilă a unor lumi făcute din neutroni sau hiperoni confirmă astfel ceea ce spuneam mai sus : materia noastră pămîntească sau, ca să vorbim mai general, materia la scara umană, nu este decît un caz cu totul particular, dintr-un număr nedefinit de specii variate de materie. A ne gîndi că peste tot în univers lucrurile sînt făcute din aceleași materiale ca ale noastre, cu atomi cuminți, cu electronii instalați pe orbite în perfectă regulă și gravitînd la o distanță respectuoasă față de un nucleu pozitiv, înseamnă a comite o eroare asemenea celei ce ar face-o un marțian care ar crede că pe globul nostru toată vegetația este orînduită după modelul celei din grădina Tuileriilor, cu iarbă bine pieptănată, flori plăcute, alei curate și netede.

În ceea ce ne privește, știm că vegetația „civilizată" ocupă un loc infim în comparație cu masa

[1] A se vedea nota 1 la pag. 221.

[2] O stea neutronică are un diametru de aprox. 30 km.

pădurilor, junglelor, stepelor, care acoperă cea mai mare parte a uscatului. De asemenea, trebuie să ne obișnuim cu ideea că substanța constituită în atomi, așa cum este a noastră, nu are de ce să domnească peste tot.

Am mai scris că natura are mai multă imaginație decît omul. Chiar dacă această personificare a naturii va părea abuzivă, cum să nu fii frapat de varietatea de soluții pe care o are la dispoziție ? Căci, dacă ea poate fabrica aici materie degenerată și dincolo materie plasmifiată, ce ar împiedica-o să meargă mai departe, creînd, de exemplu, atomi cu nucleul negativ și cu electroni pozitivi, sau să înlocuiască protonii cu pozitoni, sau să facă să se învîrtă particulele satelite în interiorul nucleului ? Dați din umeri, obiectînd că este imposibil ? Dar aveți oare pretenția că noi cunoaștem toate legile naturii ? Revelațiile cu care ne amețesc, de cîțiva ani încoace, microfizica și astronautica — fără a mai vorbi de genetică — nu trebuie să ne facă mai umili, arătîndu-ne ce distanță desparte universul pe care credem că-l cunoaștem de cel real ? Să ne amintim de vorbele lui Danjon, citate într-o zi de domnul Lallemand la Societatea Astronomică din Franța : *„Natura nu se sinchisește de dificultăți analitice ; știm astăzi că ea nu ține seamă nici măcar de obișnuitul bun-simț pe care ni l-au lăsat moștenire străbunii noștri. Valabile în cazul materiei inerte observate în condiții obișnuite de temperatură și de presiune, modalitățile de raționament ale vechii fizici nu mai sînt valabile la scara atomică sau nucleară ; ele nu se mai aplică în cazul materiei radiante. Cîte principii enunțate de fizicienii de azi nu zdruncină violent ideile extrase din experiența noastră zilnică.*

Şi, în plus, cum ne-am putea îndoi de capacitatea naturii de a crea materii diverse din moment ce însuşi fizicianul este în stare acum să pregătească cîteva asemenea *para-materii* ?

ATOMI FĂRĂ ELECTRONI

Acum vreo zece ani, cîtorva cercetători din laboratoarele americane le-a venit o idee :

— Dacă am încerca să schimbăm modelul clasic al atomului ? Dacă am înlocui electronii cu mezoni negativi ? Am vedea atunci dacă în ciuda masei lor (207 sau 273 de ori cea a electronului) aceşti mezoni ar gravita în jurul nucleului, asemeni electronilor pe care îi cunoaştem, şi ar fi interesant de văzut ce fel de materie ar ieşi din asta.

Experienţă extraordinară... dar ale cărei dificultăţi le bănuieşte oricine. Căci nu putem lua un atom, pentru a scoate din el cu penseta un electron şi a-l înlocui cu un mezon. Desigur, nu este foarte greu să fabricăm mezonul necesar : aceasta se face bombardînd o foaie de aluminiu cu protoni (produşi de un ciclotron) ; acest bombardament produce pioni care, vă amintiţi poate, se dezintegrează rapid în muoni. Apoi, este necesar să dirijăm fluxul acestor mezoni π sau μ spre o ţintă în speranţa că unii dintre atomii ţintei vor captura în trecere cîţiva mezoni, incorporîndu-şi-i.

Primii care au făcut experienţa au folosit hidrogenul lichid. Iată ce se întîmplă : de fiecare dată cînd un mezon era înhăţat de un atom, el înlocuia electronul satelit şi se apuca să graviteze în locul lui. Între un electron şi un mezon există însă o diferenţă substanţială : acesta din urmă este de 207 sau de 273 de ori mai masiv decît primul,

avînd însă aceeași sarcină negativă. De aceea mezonul trebuia să se instaleze mult mai aproape de nucleu — de aproximativ de 200 de ori mai aproape. Se întîmpla chiar ca mezonul să fie atît de apropiat, încît el să nu mai graviteze în jurul nucleului, ci în interiorul lui ! Ne vom grăbi să adăugăm că în astfel de circumstanțe e mai bine să renunțăm să ne închipuim concret faptul ; acesta este unul dintre cazurile în care numai fizica probabilistă ne poate ajuta, căci ea ne arată mezonul deplasîndu-se în interiorul unei arii de probabilitate în formă de cerc, cu o șansă deloc nulă de a se găsi în împrejurimile centrului.

— Dar, veți spune (poate cu stupoare !) cum se pot ști toate acestea ? Cum se poate verifica faptul că se formează atomi cu mezoni, atomi *mezonici* ?

E cazul să ne amintim de pagina 139 și mai ales de faptul că atomul este un emițător de radiații, natura acestora (sau lungimea de undă), depinzînd de distanța de la electroni la nucleu. Cînd aceștia din urmă sar între două orbite mărginașe, salturile lor se traduc prin emiterea de lumină infraroșie ; cînd ei sar între două orbite mai apropiate de nucleu, infraroșiile se transformă în lumină vizibilă ; cînd ei sar între orbite foarte învecinate cu nucleul, avem raze ultraviolete și așa mai departe. Putem deci prevedea că, într-un atom mezonic, unde mezonul satelit este cît se poate de aproape de nucleu, el trebuie să emită nu lumină și nici chiar ultraviolete, ci raze X.

Așa se și întîmplă de fapt, și observînd spectrul X al țintei bombardate, fizicienii pot deduce reușita experienței și formarea de materie mezonică.

„Materie mezonică ?“ E mult spus, desigur, căci pînă acum atomii de materie de acest gen n-au

putut fi produși decît cu bucata ! S-a reușit totuși, în unele cazuri particulare, ca cel al hidrogenului, să fie sudați acești atomi pentru a constitui molecule. Molecule care se topesc de îndată ce s-au născut, căci mezonii nu trăiesc mai mult de cîteva milionimi de secundă. De altfel chiar dacă durata vieții lor ar fi mai mare, tot nu i-am putea vedea : materia mezonică este invizibilă, fiindcă ea nu emite decît raze X ! În ziua în care vor putea fi produse cantități cu greutate din acest fel de materie, va fi nevoie de instrumente speciale pentru a o manipula, căci compacitatea atomilor săi îi va da o densitate de peste 50 de mii. Experimentatorul va trebui deci să fie un atlet pentru a o ridica, căci, la volumul unui degetar, ea nu va cîntări mai puțin de 50 kg !

... ȘI NUCLEE FĂRĂ PROTONI

Înlocuirea electronilor cu mezoni, fie aceștia pioni sau muoni, este acum un fapt împlinit. Dar acesta nu este decît începutul jocului. „După ce am eliminat electronii din atom, își spuseră fizicienii, ce-ar fi dacă am alunga protonii din nucleu ? Pentru a-i înlocui cu ce ? Cu niște particule cu aceeași sarcină pozitivă, dar care să fie mai ușoare sau mai grele, la alegere, adică cu pozitoni sau cu hiperoni."

Și în această experiență trebuiau potrivite lucrurile în așa fel, încît nucleele unei ținte să înghită un jet de pozitoni sau de hiperoni. Luînd drept țintă o părticică de hidrogen lichid sau de heliu, sau de litiu etc., trebuia să se întîmple neîntîrziat un fenomen ca cel care urmează : un poziton să expulzeze protonul atomului de hidrogen

instalîndu-se în locul lui, în timp ce electronul își continua imperturbabil drumul. Întocmai ca un dictator care îl înlocuiește pe altul în timp ce poporul de rînd își vede de treabă. Se obținea astfel un atom extravagant ai cărui nucleu și satelit aveau exact aceeași masă și puteau servi (?) la fabricarea unei materii extrem de ușoare, mai ușoare chiar decît hidrogenul.

Bombardînd ținta cu un jet de hiperoni, se putea tot atît de bine obține extragerea din ea a unuia dintre protoni, instalînd în locul lui un hiperon. Inconvenientul era că o astfel de materie nu era stabilă, hiperonul dezintegrîndu-se într-o fracțiune de miliardime de secundă. Fără îndoială însă că savanții pot spera să găsească într-o zi mijlocul de a o conserva un timp apreciabil.

În diferite laboratoare, au și apărut, cu titlul de curiozitate, atomi mezonici, hiperonici, pozitonici, început modest al unei viitoare științe teratologice a atomilor. Căci, dacă în centre biologice, ca cel al profesorului Etienne Wolff de la Collège de France, se lucrează la producerea artificială a unor monștri acționînd asupra cromozomilor din celule, în centrele nucleare ambiția și mijloacele sînt la fel de mari în ceea ce privește crearea de atomi cu diferite anomalii. Biologul se pasionează să transforme o găină în cocoș, să facă să-i crească unei broaște șase labe, sau să se nască după dorință „frați siamezi" la animale ; colegului său fizician îi revine sarcina să manevreze particulele și antiparticulele, substituindu-le pe unele celorlalte și să provoace natura, înfingînd cu forța un antiproton într-un nucleu sau obligînd un poziton să se învîrtă în jurul unui hiperon !

Un antiproton : iată deci că antiparticulele își fac din nou intrarea în scenă, pe calea suspectă a teratologiei atomice. Descoperirea lor inspirase o mare ușurare fizicienilor și chiar filozofilor. Înainte, pe vremea cînd se credea că materia este construită numai din protoni, neutroni și electroni, ei fuseseră într-adevăr frapați de dezechilibrul, de lipsa de simetrie a unui astfel de ansamblu. În ochii lor, natura nu putea fi decît simetrică și electricitatea negativă nu avea nici un motiv să predomine asupra electricității pozitive, așa cum stînga nu predomină asupra dreptei, sau susul asupra josului. Ne închipuim deci că ei fuseseră încîntați de a avea la îndemînă un poziton (antielectron) care era exact simetricul pozitiv al electronului, apoi un antiproton, care era exact simetrica negativă a protonului, un antineutron, un anti... etc. — pe scurt, un întreg lot de antioni, care reprezentau perechile particulelor cunoscute.

Încă de la primele descoperiri în acest sens, o tentație nu întîrzie să apară :

— Din moment ce există antielectroni, antiprotoni și antineutroni, n-or fi existînd oare și antiatomi, care să fie simetricele atomilor normali ? Și dacă nu există, n-am putea oare să-i construim ?

A priori, o asemenea țintă nu avea nimic nerezonabil. Unor oameni care reușeau să-i fure atomului un electron sau un proton pentru a-l înlocui cu altceva nu li se putea părea decît foarte natural să pună un antielectron (un poziton) să se învîrtă în jurul unui antinucleu făcut din antiprotoni și antineutroni !

Era foarte natural — cel puțin pe planul teoriei pure, căci pe planul realizării nu era, din păcate,

chiar așa. Să ne amintim că o antiparticulă nu-și poate întîlni fratele geamăn, cu semn opus, fără să se contopească cu el dispărînd într-o străfulgerare de energie. Este de-ajuns ca un antiproton să atingă un proton pentru ca amîndoi să dispară, dînd naștere unei raze γ de aproape 2 MeV. Or, noi trăim într-o lume făcută din materie „normală". Eprubetele chimiștilor, sincrotronii fizicienilor, camerele lor cu bule și emulsiile lor fotografice sînt construite din atomi normali, făcuți din protoni, neutroni și electroni. În consecință, chiar dacă am ajunge să obținem un antiatom, prin ce minune ar putea scăpa el, chiar și o fracțiune de secundă, de întîlnirea cu un atom, și cum ar putea el să nu fie omorît pe loc chiar de la naștere ?

Desigur, un antiatom poate fi conceput și chiar realizat, dar el nu se poate atinge de cel mai mic atom fără să se anihileze de îndată ! Dacă am reuși să protejăm un poziton de contactul cu omologul său natural, ar fi, desigur, posibil ca, punîndu-l să graviteze în jurul unui antiproton, să se construiască un antiatom de „antihidrogen", apoi, sudînd între ei mai mulți astfel de antiatomi, să se construiască antiatomi de antiheliu, de antilitiu și așa mai departe. Dar, nu s-a găsit încă mijlocul de a evita dematerializarea instantanee a celui mai mic fragment de antimaterie !

Poate că mijlocul practic va fi găsit în curînd ? În fond cine s-ar fi gîndit, de exemplu, acum numai zece ani că se pot obține într-o incintă de sticlă, temperaturi depășind un milion de grade ? Știm totuși că acest lucru este astăzi realitate curentă, din moment ce așa se procedează în laboratoare, ca cel de la Fontenay-aux-Roses, pentru a lucra cu plasmă.

În orice caz, chiar dacă e greu de prevăzut cînd va fi în stare știința să recolteze părticele cu greutate de antimaterie, asta nu ne împiedică să cercetăm de pe acuma proprietățile acesteia.

Una dintre proprietățile ei cele mai stranii ar fi poate aceea că, la prima vedere, antimateria nu se va distinge cu nimic de o materie oarecare. Antiatomii nedeosebindu-se de atomii obișnuiți decît prin semnul nucleului și electronilor lor, toate proprietățile care depind doar de poziția relativă a acestor părți componente vor persista ca, de exemplu, starea fizică, afinitățile chimice și natura radiațiilor emise în cursul salturilor antielectronului. Nimeni nu va putea totuși confunda o bucată de antimaterie cu una de materie normală, în primul rînd, pentru că, la contactul cu aceasta din urmă, antimateria se va anihila într-o explozie mai mult sau mai puțin catastrofală ; apoi, pentru că nu va cîntări nimic... Nu numai că nu va cîntări nimic, dar va avea tendința să fugă din zona Pămîntului... Într-adevăr, după părerea autorităților în materie (dacă ne mai putem exprima astfel), antimateria va fi dotată cu o masă negativă, adică, ea va fi respinsă de orice obiect din lumea noastră. După cum afirmă englezul Bondi, teoria relativității generale nu cere cîtuși de puțin ca o masă să fie neapărat pozitivă așa cum este pe Pămînt ; ea poate tot atît de bine să fie negativă, continuînd, cel puțin în unele mici regiuni ale universului, să fie guvernată de legea lui Newton. Astfel încît, într-o lume de antimaterie, semnul acestei legi s-ar schimba și s-ar manifesta nu printr-o atracție, ci printr-o respingere.

Perspectivă fantastică, desigur, pe care autorii de romane științifico-fantastice nu vor întîrzia s-o exploateze ! Ei au fost de altfel depășiți, acum

cincizeci şi şapte de ani, de către Wells, aşa cum amintea într-o zi profesorul Tolansky : să ne amintim de *Primii oameni pe Lună*, a căror astronavă se mişca cu ajutorul unui ecran de *cavorită*, impermeabil gravitaţiei. Dar cavorita nu era decît un material pasiv, pe cînd antimateria ar poseda o greutate negativă, adică o putere activă de respingere. Cine poate prezice consecinţele prodigioase ale unei astfel de invenţii care ne-ar permite să ne jucăm cu gravitaţia şi să zburăm în cerul păsărilor şi în cel al astrelor ?

PRIVIRE ÎN ANTILUME

E limpede că n-are rost să ne întrebăm pentru ce nu cunoaştem în jurul nostru nici cel mai mic fragment de antimaterie : dacă a existat vreodată aşa ceva prin părţile noastre, de mult s-a anihilat în contact cu materia !

Dar faptul în sine e derutant. Cînd s-au format elementele din colţul nostru de univers, pentru ce au fost ele construite din particule şi nu din antiparticule ? Pentru ce regiunea cosmică pe care o locuim este formată din materie şi nu din antimaterie ? Ni se pare că Galaxia avea şanse egale de a fi făcută din materie sau din antimaterie : ce factor a determinat alegerea, sortind-o să ignore pe vecie antimateria ?

Răspunsul la întrebare e poate : fiindcă aşa este, fiindcă la vremea cînd s-a constituit Galaxia noastră condiţiile fizice au fost de aşa natură. Aşa cum o picătură de apă în plus decide în ce parte se va înclina balanţa, este poate de ajuns, la origine, un fenomen infim, pentru ca orice veleitate de creare a antimateriei să fie spulberată dintr-o dată, lăsînd cîmp liber rivalei sale.

Așa cum nici o antimaterie nu mai poate exista din clipa în care atinge materia, rezultă nu numai că pe pămînt este imposibilă existența antimateriei, dar și că, prin forța lucrurilor, ea nu poate exista nici în întreg sistemul solar, ale cărui părți sînt puse în legătură prin comete și meteoriți, și nici în întreaga Galaxie, scăldată într-o atmosferă generală de gaze și de praf. În schimb, nimeni nu poate garanta același lucru privitor la galaxii străine.

Ce știm despre aceste galaxii, semănate cu miliardele prin univers, așa cum vom vedea în capitolul următor ? Singurul mesaj pe care ni-l trimit este cel al radiației lor electromagnetice. Am explicat mai adineauri că radiația unui antiatom este exact aceeași ca și cea a unui atom, astfel încît este posibil ca anumite galaxii străine să fie făcute din antimaterie fără ca noi să o putem ști vreodată.

Cum or fi făcute astrele din antilume sau ființele vii de pe ele, dacă există ? Asupra acestui punct, putem da frîu liber imaginației, căci este vorba de un cosmos pe care nu-l vom cunoaște se pare vreodată !... Presupunînd, bineînțeles, că astfel de antilume ar exista ! Căci, ne putem întreba, cum ar putea un glob să nu explodeze, cum ar putea casele să rămînă fixate pe sol, pomii înrădăcinați, iar animalele în picioare, pe o planetă pe care lucrurile ar tinde să se îndepărteze unele de celelalte, pe care pămîntul ar respinge ceea ce este așezat pe el în loc să-l atragă, și de pe care aerul ar fi gonit în spațiu de antigravitație, într-o antilume în care planetele ar fugi de soarele lor ! Să pasăm ideea unui scenarist de filme fantastice : să încerce numai să-și închipuie ce s-ar întîmpla dacă, în urma cine știe cărui eveniment imprevizibil și necunoscut, legea lui Newton și-ar schimba

deodată sensul în întreaga Galaxie... Poveste cu atît mai picantă, cu cît, după toate probabilităţile timpul ar începe de îndată să curgă de-a-ndaratelea şi lumea ar porni-o înapoi spre trecutul ei!

ÎN PRAGUL LUMII REALE

— Ajunge cu glumele, ne vor reproşa poate unii cititori. Să ne întoarcem, dacă se poate, la lucruri serioase.

Care glumă, scumpe cititor? Vă referiţi oare la incapacitatea evidentă a creierului nostru de a-şi închipui o lume în care ar domni antigravitaţia? Iată încă o ocazie pentru a repeta că nu ştim tot! Chiar şi astronomi eminenţi au îndrăznit să conceapă posibilitatea prezenţei în alte regiuni ale universului, a unor galaxii făcute din antimaterie. Nu s-a presupus oare, acum cîţiva ani, că anumite fenomene cereşti, cum ar fi intensa radiaţie radioelectrică ce ne parvine din cele două galaxii încălecate din constelaţia Lebedei (p. 331), ar fi ecoul unor gigantice dematerializări? Cele două galaxii ar fi făcute una din materie şi cealaltă din antimaterie şi s-ar anihila una pe cealaltă în cursul unei ciocniri care durează de acum de cîteva sute de milioane de ani...

Trebuie să recunoaştem că toate aceste consideraţii despre o antilume ne par mai apropiate de ficţiunea romanului decît de ştiinţa pozitivă. Şi totuşi, am ajuns aici ghidîndu-ne după un raţionament ştiinţific. De la stricta cunoaştere experimentală, despre care tratam la începutul acestui capitol, am trecut la teoria pură, apoi la ipoteze, mai mult sau mai puţin solide. Cu alte cu-

vinte, am ajuns puțin cîte puțin și pe neobservate în pragul realității și în străfundurile materiei. Putem spune aproape că ne aflăm în culisele lumii materiale, acolo unde se pregătesc tablourile ce se desfășoară în fața oamenilor. Deschizînd nucleele și demontînd nucleonii, am aflat nu numai care este mecanismul secret al lucrurilor, dar și că multe alte mecanisme sînt posibile. Am descoperit că greșeam crezînd că mecanismul universului nostru este unicul și că, poate, în alte părți, se învîrt galaxii făcute din parametrii variați. Trebuie să deducem deci că „capătul" materiei nu este exact ceea ce ne gîndeam : nu există „capăt" ; există mai degrabă o graniță. Dincoace de ea e realitatea, dincolo e necunoscutul. Aici este acel faimos prag, în care știința cedează locul imaginației și, prea adesea, rațiunea îl cedează misticismului !

Înainte de a ne aventura pe graniță și de a arunca o privire în bezna neliniștitoare ce se întinde în fața noastră, vom încerca pentru ultima dată să cuprindem cu privirea propria noastră lume, ce ni se așterne acum în fața ochilor, și ne vom întreba dacă inventarul pe care știința l-a făcut și despre care am încercat să vă dăm o idee, are vreo șansă să fie complet.

Vai nouă ! Cum ar putea el fi complet ? Am uitat oare trista infirmitate a simțurilor noastre, a acestor simțuri cu care avem pretenția că stăpînim fenomene atît de mari și lucruri atît de mici ?

„Trista infirmitate a simțurilor noastre" ? Desigur ! Mai degrabă a simțului *nostru* ar trebui să scriem, din moment ce pentru studiul universului mare și mic, al cosmosului astronomic și al imperiului atomic, un singur simț contează, cel al vederii. Or, chiar și acesta este teribil de limitat.

Să ne gîndim la fracțiunea, deplorabil de slabă, pe care o percepem din radiația electromagnetică ; să ne gîndim, de asemenea, la faptul că o mulțime de fenomene considerabile trec absolut neobservate de el, de faptul că el le este impermeabil ; așa, de exemplu, numai prin intermediul instrumentelor cunoaștem existența electricității, a undelor radio sau a radiațiilor scurte.

ALȚI OCHI PENTRU A VEDEA UNIVERSUL

După două secole de studiu, imaginea pe care ne-am făcut-o despre univers provine aproape exclusiv din informații obținute vizual. Din totdeauna, omenirea nu s-a încrezut decît în lumină pentru a afla ce se petrece în jurul ei. Tot așa cum un orb se încrede în ochii cîinelui său pentru a se călăuzi. Dar orbul mai poate recurge și la simțul pipăitului, deosebit de dezvoltat, după cum se știe, la oamenii atinși de orbire. Pe cînd omul nu are, pentru a sonda universul, nici un organ capabil de a înlocui ochiul.

Să spunem mai degrabă „nu avea", căci tocmai în aceasta constă revelația ultimilor 20 de ani : știința și-a dat seama că lumina nu este singurul intermediar între exterior și ea ; ea a descoperit existența altor mesageri obscuri și tăcuți, dar rapizi și fideli, care îi aduc la rîndul lor vești din lumi îndepărtate și pe care numai insuficiența simțurilor noastre ne făcuse să-i ignorăm pînă atunci.

Într-adevăr, n-ar trebui să uităm că undele luminoase vizibile nu ocupă decît un sector foarte îngust al spectrului electromagnetic — un sector

care nu merge decît de la 0,39 la 0,8 microni, în timp ce spectrul se întinde de la 0,000000047 microni pînă la kilometri ! Şi apoi undele vizibile nu ne dau informaţii decît despre exteriorul lucrurilor : lumina Soarelui sau a Lunei nu ne transmite decît imaginea suprafeţei acestor astre şi nu ne permite cîtuşi de puţin să bănuim ce se găseşte în interior. De aceea, înţelegem foarte bine că savanţii au încercat să tragă folos din alte octave ale claviaturii undelor !

Prima gamă de radiaţii neluminoase, care a putut fi folosită, a fost gama radioelectrică. Aceasta nu suferă prea mult de pe urma neplăcutelor reţineri pe care atmosfera le operează asupra infraroşiilor şi ultravioletelor. Gama radioelectrică ne parvine aproape intactă, cu condiţia să ştim s-o captăm. Despre ceea ce ne-a permis ca să aflăm în ultimii 20 de ani vom vorbi în capitolul 6 ; vom spune numai că ea ne aduce veşti dintr-un cosmos ignorat pînă acum, sau mai bine zis ne revelează un aspect neaşteptat al universului. Graţie ei, astronomii au impresia că văd ce se ascunde în spatele decorului şi că li s-a îngăduit să vadă cum funcţionează maşinăria elementară a lucrurilor.

Apoi, o dată cu începutul erei rachetelor, cînd au putut fi aruncate în atmosferă un număr mai mare de proiectile de acest gen, a fost pus în exploatare un alt sector al spectrului : cel al ultravioletelor. În acest sector, analiza spectrală promitea să fie mult mai eficace şi mai sensibilă decît în domeniul vizibil şi, în plus, deosebit de potrivită pentru studiul Soarelui şi al stelelor. Explorînd ultravioletele solare pe lungimi de undă din ce în ce mai mici, am reuşit să străbatem o întreagă felie din grosimea Soarelui, începînd cu

fotosfera (adică suprafața) pînă la *cromosferă* (atmosfera interioară). Tentativa cea mai fericită în acest domeniu a avut loc la 7 martie 1962, odată cu lansarea de către americani a satelitului O.S.O. (Orbiting Solar Observatory). Acesta era un aparat de vreo 200 de kg, care gravitează în jurul pămîntului în 96 de minute și pe care un dispozitiv electronic îl menținea veșnic ațintit asupra Soarelui. El înregistra caracteristicile spectrale ale acestui astru și le transmitea prin radio la sol. Vor fi necesari ani pentru a trage concluzii precise, dar putem spune de pe acum că, văzut în ultraviolet, Soarele pare mai mare decît Soarele pe care îl cunoaștem, că este aproape în întregime acoperit cu pete întunecate și clocotește într-o veșnică agitație.

Aspect ciudat, dar incomparabil cu cel arătat de razele X ! Văzut în această tranșă spectrală, astrul zilei nu ne mai arată cromosfera, ci *coroana* sa (adică imensa lui atmosferă externă). Faptul a fost descoperit pentru prima dată de o altă rachetă americană, lansată în 1960 : Soarele era redus la un fel de inel luminos încercuind o regiune întunecată presărată cu pete strălucitoare.

Razele X solare, care au permis obținerea acestei fotografii, aveau o lungime de undă cuprinsă între 0,00002 și 0,00006 microni : cum să nu fi încercat să utilizăm unde și mai scurte, ba chiar pe cele mai scurte dintre toate, pe cele ale radiației γ ? Acesta este scopul pentru care americanii au lansat, în aprilie 1961, un alt satelit artificial, și anume, *Explorer XI,* încărcat cu un aparataj destinat să „vadă" razele γ. Vă amintim că acestea din urmă fiind extrem de puternice nu se lasă deviate (sau prea puțin !) de un cîmp magnetic și călătoresc astfel în linie dreaptă. Avînd în vedere

că cele care parcurg cerul nostru se nasc din ciocnirea particulelor cosmice cu atmosfera, direcția lor ne prmite s-o deducem pe cea a acestor particule. De aceea înregistrarea radiației γ de către Explorer XI promite o bună recoltă de informații asupra misterioasei radiații cosmice.

O dată cu folosirea radiațiilor ultraviolete, X și γ — pe lîngă undele radio — asistăm la nașterea unei serii noi de procedee pentru explorarea universului. Acesta nu ne mai prezintă numai partea sa cunoscută din totdeauna ; îi descoperim altă față, sau mai bine zis alte fețe, căci fiecare metodă de prospectare ne prezintă una nouă. Dar, aceste metode nu mai sînt utilizabile de pe pămînt ; ele ne obligă să ne plasăm aparatele în afara atmosferei, care interceptează și mutilează fără milă mesajele ; ele ne forțează să punem pe picioare o astronomie nouă, ale cărei telescoape trebuie transportate de astronave și adaptate fiecare unei radiații deosebite.

NEUTRINO, O PERSONALITATE CARE SE ASCUNDE

Cuvîntul „radiație" are un sens cam limitat pentru a fi aplicat tuturor tehnicilor de sondaj, în continuă extensie, care se oferă astronomilor sau geofizicienilor. Să ne amintim că stelele nu emit numai radiații electromagnetice ; ele proiectează și nori de corpuscule variate, protoni, electroni, cioburi de atomi etc. Acest *et caetera* cuprinde în special neutrini, personaje despre care am vorbit puțin pînă acum, fiindcă păreau prea puțin interesanți și descurajau dinainte orice curiozitate.

Cititorul își amintește totuși că este vorba de o particulă fără sarcină electrică și a cărei masă este atît de mică, chiar în raport cu cea a electronului, încît echivalează practic cu zero. Ea a fost înscrisă, încă din 1931, în catalogul particulelor elementare, dar a avut pînă în 1956 o existență pur teoretică. Ea fusese inventată pur și simplu ca un mijloc ingenios pentru a explica un anumit deficit de energie în radioactivitate. Multă vreme, de altfel, experimentatorii au bombănit împotriva acestei fantome lipsite de orice caracter material, care le era cu totul inaccesibilă. Fizicianul ungur Sandor Szalay a reușit însă s-o scoată la lumină în 1956 la centrul nuclear de la Debrețin ; lumea începu atunci să manifeste un oarecare interes față de proprietățile sale și, în 1960, Academia de Științe a U.R.S.S. proclamă că neutrino avea de jucat un rol de prim plan în descoperirea universului.

Expresia „de prim plan" se impune prin faptul că neutrinii formează o bună parte din reziduurile reacțiilor termonucleare care dau căldura stelelor. E lesne de înțeles ce cantități de neutrini se desprind cu această ocazie și cu cîtă ușurință, din moment ce aceștia sînt cu totul insensibili oricărei atracții sau respingeri electrice, și mai sînt, pe deasupra, atît de minusculi, încît nici un obstacol nu-i poate opri. Ei pot traversa, fără a fi deviați sau absorbiți, nu numai steaua în care s-au născut, dar și orice s-ar găsi în drumul lor, planetă, stea sau galaxie. Cu alte cuvinte, Pămîntul, corpul omenesc, totul este transparent pentru un flux de neutrini.

Dar, de la experiența lui Szalay proiectilul imperturbabil a putut chiar fi scos în relief. S-a reușit să i se găsească și un frate geamăn, dotat ca

şi el cu o antiparticulă ; şi, mai ales, savanţii şi-au dat seama de avantajul nesperat pe care el îl oferea pentru studiul astrelor.

Într-adevăr, fiind născut în însăşi inima stelelor — a Soarelui, dacă vreţi, — neutrino ne furnizează ştiri directe despre această inimă. Este de ajuns să ştii să-l interoghezi, înregistrîndu-l cu ajutorul unor contoare, potrivite pentru a culege informaţii şi chiar o imagine a celor ce se întîmplă în centrul globului solar. [1] O anticipaţie ? Desigur, dar ea va fi realizată în foarte scurt termen. Dovada o constituie o comunicare pe această temă făcută de celebrul fizician nuclear Pontecorvo la Academia Sovietică de Ştiinţe. Savantul adăuga *in fine* pentru ziarişti : *„A privi prin Pămînt la ceea ce se întîmplă în centrul Soarelui pare fantastic, dar va fi un lucru obişnuit pentru astronomia viitorului"*.

Mergînd mai departe, Pontecorvo prevedea chiar că neutrino ne va da posibilitatea să ştim dacă există o antilume. Căci reacţiile termonucleare din antimaterie trebuie să elibereze nu neutrini, ci antineutrini, şi în ziua în care specialiştii în astronomie neutrinică vor recepţiona antineutrini în detectoarele lor, ei nu vor putea trage altă concluzie decît că aceste antiparticule vin dintr-o antistea aparţinînd unei antilumi...

Asta nu e tot şi s-ar putea ca neutrino să ne dea cheia uneia dintre cele mai mari taine ale ştiinţei.

Nici mai mult, nici mai puţin, decît cea a gravitaţiei.

---

[1] Neutrinii solari au fost puşi în evidenţă în mai multe experimente, începînd din 1964.

Fiindcă, la urma urmei, aceste proprietăți ciudate ale neutrinilor de a traversa imperturbabil orice lucru, de a nu se lăsa opriți de nici un ecran, de a fi aproape imposibil de distins individual, și de a nu se lăsa percepuți decît în loturi mari, aceste proprietăți nu vă amintesc oare nimic ? Ba da ! Forța gravitațională, care străbate și ea orice, se dovedește inexistentă la scara atomului și nu se face simțită decît la scara astrelor.

Marele fizician englez Paul Dirac (pag. 171) a fost primul care a avut, în 1959, această idee, extravagantă la prima vedere : neutrinii ar putea fi suportul gravitației. Ideea nu putea să încolțească decît într-un astfel de creier veșnic clocotind de geniul matematic și îndemnat să caute corelații misterioase !

Mulți cititori vor fi desigur surprinși să constate că în zilele noastre savanții abia caută explicația gravitației : cum ? Newton și apoi Einstein n-au furnizat oare explicația dorită ? N-a dat oare primul expresia matematică a atracției, pe care cel de al doilea a redus-o la o deformare geometrică a spațiului ?

Acestea erau interpretări, și nu explicații care să atingă fondul lucrurilor. Gravitația își păstra caracterul de anomalie șocantă : în timp ce forța electromagnetică, de exemplu, se transmite prin particule transportate, la rîndul lor, de niște unde, cum se face oare că gravitația acționează la distanță fără vreun intermediar ? Prin analogie cu cîmpul electromagnetic, fusese botezată cîmp *gravitațional* orice regiune a spațiului în care domnea o forță de gravitație oarecare, dar, în timp ce cîmpul electromagnetic se manifestă prin

unde electromagnetice și prin fotoni, du-te dumneata de vezi dacă există unde gravitaționale și... *gravitoni* ! [1]

„*Da*, a replicat Dirac : *gravitonul, este neutrino. Numai el, cu puterea lui de penetrație, poate explica faptul că nici o materie nu este opacă gravitației ; numai el, cu masa lui mică — practic egală cu zero — poate explica faptul că gravitația nu este sensibilă decît atunci cînd masa o atinge pe cea a astrelor. Așadar, corpurile s-ar atrage între ele prin emiterea de neutrini-gravitoni. Astfel încît gravitația, ca și forța nucleară, s-ar naște în sînul nucleelor atomice. Ar rămîne de descoperit undele care îi poartă...*"

Cred că este de prisos să insist asupra amploarei perspectivelor pe care le deschid astfel de vederi... A cunoaște cheia gravitației ar însemna, aproape, să fii stăpîn pe ea, și exaltarea savanților și inventatorilor e ușor de închipuit... La drept vorbind, studiile nu sînt încă decît în stadiul teoretic, dar aceasta nu împiedică guvernele anumitor țări (U.R.S.S. și Statele Unite, printre altele) să subvenționeze centre de cercetări care lucrează pe rupte. Spirite serioase, deși cam imaginative, ne descriu de pe acum astronavele viitorului, care se vor juca cu gravitația, mulțumită unor emisii de neutrini.

Ciudat destin al unei particule infinitesimale care, inventată mai întîi pentru nevoile cauzei, se pomenește deodată ținînd în mînă sceptrul gravitației universale !

[1] Undele gravitaționale au fost puse în evidență de dr. Weber în 1969, după lucrări care au durat zece ani.

Cunoașteți nuvela lui Maupassant intitulată *Horla*?

Scrisă în 1886, cînd scriitorul începea să prezinte semnele unui deranjament cerebral care avea să-l ducă la clinica de psihiatrie a doctorului Blanche, această nuvelă îl arată pe eroul ei — Maupassant însuși — urmărit de o ființă invizibilă și misterioasă, un *horla*. Uneori, imaginea reflectată de oglinda din cameră se voalează, se estompează, dispare, ca și cum *ceva* s-ar interpune. Și oglinda devine un fel de fereastră spre o lume necunoscută, și neliniștitoare, asupra căruia omul nu are putere și în care el este fără apărare, neputincios și slab.

Dar Maupassant nu este singurul care a simțit uneori o vagă teamă de necunoscut în fața simplei imagini a unei oglinzi : să ne amintim și de eroina lui Lewis Carroll. Într-un domeniu cu totul diferit și ghidați de o mentalitate foarte deosebită, nu simțim oare ceva asemănător cînd, după o îndelungă călătorie în infinitul mic, ajungem, în sfîrșit, la pragul în fața căruia ne-am oprit adineauri ? În spatele nostru se află lumea familiară, supusă legilor științei, cu particulele și geometria ei ; în fața noastră... nu știm ce se află, deoarece știința n-a străpuns încă această beznă plină de necunoscut.

Nu știm, dar vrem să știm și ne simțim foarte tentați să trecem pragul și să privim în spatele oglinzii. Ceea ce ne-a arătat știința pînă acum era oare real ? Nu cumva în spatele acestei realități se ascunde altceva ? Și, în universul pe care ni-l descrie știința, trebuie să vedem oare, în-

tr-adevăr, însăși esența realității ? Să încercăm încă o dată să ne lăsăm ghidați de ea.

A fost vorba mai sus de imaginea Soarelui în spectrul ultravioletelor. Vom adăuga acum că un astronom american de la Colegiul Harvard a avut acum cîțiva ani fantezia de a descrie nu Soarele, ci cerul nocturn așa cum l-am vedea dacă ochii noștri ar fi adaptați pentru aceste radiații. S-a dovedit că cerul acela ar fi total diferit de bătrînul nostru firmament înstelat ; n-ar străluci pe el decît astrele a căror lumină este bogată în ultraviolete ; Soarele ar continua să domine, dar ar fi urmat de două stele necunoscute care ar părea la fel de strălucitoare ca luceafărul nostru. Ar urma apoi vreo 20 de stele frumoase, în timp ce biata Lună, decăzută la mărimea a cincea, ar fi aproape invizibilă.

Dar noi știm că astrele emit și alte unde decît pe cele ultraviolete, și ne putem întreba cum ar arăta cerul văzut în raze X sau γ. Nimeni, credem, n-a încercat încă să-l descrie, dar în schimb cerul radioelectric este acum o veche cunoștință. E un cer foarte straniu, în care astrele cele mai notorii nu sînt cel mai adesea stele, ci simpli nori de gaz, extrem de diluați, riguros invizibili pe fotografii.

Evident, nu putem susține că cerul radioelectric, cerul ultraviolet, X sau γ sînt tot atîtea universuri diferite. Ele reprezintă numai aspecte diferite ale unei unice realități ; pentru același motiv pentru care un peisaj ni se pare albastru sau roșu dacă îl privim cu ochelari albaștri sau roșii.

De-a lungul istoriei, astronomii au început prin a contempla universul la lumina obișnuită, apoi au început să utilizeze lumina ultravioletă și undele de radio ; astăzi au ajuns să-l vadă în raze

X și γ. Astfel, secol după secol, an după an, ei au pictat puțin cîte puțin tabloul universului. Cînd tehnica telescoapelor X și γ și cea a telescoapelor neutrinice va fi la fel de perfecționată ca tehnica optică și chiar radioelectrică, vom putea spera că tabloul va fi aproape gata.

Doar dacă...

Da, vor obiecta unii cititori, doar dacă fizicienii nu descoperă într-o zi o nouă categorie de unde. Poate că spectrul radiațiilor electromagnetice nu este complet cunoscut ? Cine știe dacă nu vom da cu nespusă mirare de vreun sector rămas complet neobservat pînă acum ? Cine știe dacă aceste unde noi, utilizate la rîndul lor în descoperirea universului, nu-i vor dezvălui o parte complet ignorată, ba chiar cu totul neașteptată, capabilă să răstoarne tot ceea ce știam ?

Presupunere atrăgătoare, dar inadmisibilă. Pur și simplu fiindcă nu pot exista unde electromagnetice necunoscute. Formulare cam înfumurată, poate, dar justificată de experiența cea mai concretă. Căci spectrul electromagnetic reprezintă un șir neîntrerupt, fără hiaturi și goluri. A-i clasa radiațiile componente sub titluri cum ar fi : unde radioelectrice, infraroșii, lumină vizibilă etc. este o simplă chestiune de comoditate practică, din moment ce ele se leagă unele de celelalte fără discontinuitate. Ne întrebăm atunci unde ar putea fi plasate aceste „unde necunoscute" !

— De acord, vor continua oponenții noștri, dar vorbiți aici numai de unde electromagnetice...

— Păi dacă știința nu cunoaște altele !

— ...Fiindcă, după cum spuneați chiar dumneavoastră, știința nu știe încă tot ! Poate că există alte unde pe care ea nu le cunoaște ? Alături de cîmpul electromagnetic care este, într-adevăr, sin-

gurul scos la iveală de experienţă, alături de cîmpurile nuclear şi gravitaţional, mai există poate unul sau mai multe, şi mai fundamentale, poate, cîmpuri care ascund secretul celor mai profunde fenomene ale universului ?

— Stop ! Ce facem noi aici, ştiinţă sau literatură ştiinţifico-fantastică ? Dacă e vorba de literatură ştiinţifico-fantastică, admit tot ce doriţi, radiaţii necunoscute, unde omeneşti şi radiestezice, radiaţii marţiene şi raze ale morţii. Dar, dacă vorbim despre ştiinţă, gata. Însăşi condiţia existenţei ştiinţei este aşezarea ei pe baze experimentale. O ştiinţă nu poate fi construită „în aer" ; ea trebuie să se bizuie pe fapte ; or, pînă acum, nici un fapt nu ne îngăduie să credem într-un alt cîmp decît cel electromagnetic (şi cîmpurile nuclear şi gravitaţional în alte domenii).

În acest punct al discuţiei, autorul crede necesar să intervină direct. I se va permite să precizeze că fiecare dintre cele două părţi poate avea în realitate argumente valabile.

Pe de o parte, trebuie să repetăm, încă o dată, că nu ştim tot. Desigur, pe claviatura electromagnetică nu mai există octave ignorate de descoperit, dar pot, într-adevăr, să existe alte claviaturi. Poate că trăim fără să ne dăm seama în sînul unui cîmp de unde, faţă de care simţurile noastre rămîn insensibile, dar care au totuşi o acţiune bine precizată în jurul nostru. Vom opune oricui ar nega posibilitatea unor fenomene, despre care noi să nu avem nici o cunoştinţă directă, două exemple celebre : cel al undelor radioelectrice, a căror existenţă n-a fost bănuită de nimeni înainte de Maxwell şi Hertz, şi cel al radioactivităţii, care există şi el de cînd lumea, dar nu e cunoscut de oameni decît din 1896.

Nu e deci nimic imposibil, nimic antiştiinţific în a presupune că ar putea fi detectate într-o zi alte radiaţii decît cele electromagnetice. Îţi trebuie multă îndrăzneală şi în acelaşi timp un simţ critic foarte tocit pentru a putea scrie, ca autorul unei cărţi apărute în 1944 : există asta şi nimic altceva ; în afară de ceea ce cunoaştem, nu mai există nimic. Dar cei care, asemenea lui Auguste Compte, pretind să limiteze domeniul descoperirii au stîrnit totdeauna rîsul.

Pe de altă parte, să crezi în unde necunoscute nu poate fi pentru moment decît o supoziţie gratuită, un vis, o fantezie, o dovadă de ignoranţă sau o minciună, din moment ce nici un *fapt* n-a dovedit vreodată că ar putea exista aşa ceva, nici nu ne-a permis să bănuim că ar exista cea mai mică urmă de asemenea unde. Constatare care se aplică, bineînţeles, tuturor speciilor de unde, de vibraţii sau de radiaţii care s-ar afla în afara spectrului electromagnetic şi, în consecinţă, şi undelor de care se ocupă radiesteziştii, babele, magnetizorii, astrologii, ocultiştii şi mitomanii de toate genurile. Căci, orice ar afirma aceste personaje pline de pitoresc şi de imaginaţie, trebuie să repetăm că niciodată, dar niciodată, vreun laborator *ştiinţific*, care lucrează cu obişnuita rigoare a cercetării *ştiinţifice*, n-a reuşit să înregistreze cel mai mic *fapt*, tangibil şi măsurabil, care să poată fi calificat drept *ştiinţific*, în acest domeniu. Poate pentru că nu s-a inventat încă un detector potrivit ; poate pentru că nu este nimic de detectat !

Trebuie, de altfel, să subliniem că, chiar dacă se vor descoperi într-o zi nişte unde „necunoscute", ele se vor încadra în mod necesar în tezaurul ştiinţei şi nu vor putea contrazice nici unul dintre principiile fundamentale ale acesteia. Dacă ele

le-ar contrazice, știința n-ar mai fi știință ! Istoria a dovedit de altfel că atunci cînd o descoperire pare la prima vedere în contradicție cu tezaurul științei, mai devreme sau mai tîrziu tot dreptatea acesteia din urmă învinge. Să amintim exemplul radioactivității, care părea la început să violeze legile generale ale conservării, dar pe care Einstein a făcut-o, cîțiva ani mai tîrziu, să concorde cu aceste legi. Să ne amintim, de asemenea, de principiul cauzalității, vătămat din 1927 de către fizica probabilistă, care începe acum să dea înapoi pentru a-l restaura.

Pînă cînd știința va culege indicii autentice și indiscutabile în favoarea unor unde necunoscute, oamenii de bună credință și cu mintea sănătoasă nu pot considera pe magi și pe magicieni, în ciuda aparatului pseudoștiințific cu care aceștia se înconjoară, decît ca pe niște naivi ignoranți sau ca pe niște șarlatani, cel mult drept niște naivi lamentabili, care repetă cu încăpățînare, asemenea încornoratului Sganarelle : *„Și dacă-mi place mie să fiu păcălit ?"*

★

Nu, știința nu știe tot, dar ea este, deocamdată, pînă la proba contrarie, singurul mijloc de cunoaștere cu maximă certitudine. Semnul cel mai bun că este așa este eficacitatea ei și exactitatea prevederilor ei. Atunci cînd Dirac anunță că este de descoperit o particulă nouă, atunci cînd Paul Muller anunță cu trei luni înainte efemeridele satelitului *Echo*, sau cînd Einstein prezice că viața unui mezon este cu atît mai scurtă cu cît viteza lui este mai mare, faptele adeveresc punct cu punct previziunile lor. Și dacă ele se supun cu atîta do-

cilitate teoriei, aceasta mai poate însemna că nu există „o forță necunoscută" care să se opună forțelor din inventarul științei și pe care aceasta din urmă își întemeiază calculele.

Ne întrebam, la pagina 243, ce se află în spatele oglinzii și doream cu neliniște să știm dacă știința noastră este într-adevăr unealta potrivită pentru sondarea universului. Poate că există o altă unealtă, mai puternică și mai eficace, dar pînă una alta n-a găsit-o nimeni ! Tot ce ni se propune în afara uneltei științifice se dovedește, la întrebuințare, fals, steril și fără valoare. Îmi veți spune că n-am ajuns încă la „capătul" științei și că nu știm ce se ascunde acolo. Atunci, să așteptăm : faptele ne sînt dascăli, și n-avem decît să ne lăsăm conduși docil de ele.

SPRE HOTARELE CERULUI

Am acum în mînă un mic manual de geografie pentru școala primară. Cît de plăcute sînt aceste cărți ale școlarilor contemporani, cu fotografiile lor în culori și schițele atrăgătoare! Poate prea mult, de altfel... căci, în fața acestui abuz de imagini, mulți copii trebuie să fie mai degrabă tentați să viseze decît să învețe...

ÎNTOARCERE LA CLASELE MICI

Cum să nu fi captivată, de exemplu, de această suită de desene colorate care îți arată universul la diverse proporții? Iată, mai întîi, școala din sat, și, într-un colț al curții un școlar oarecare; un al doilea desen arată satul însuși, în care școala figurează ca un mic dreptunghi; într-un al treilea, care reprezintă harta județului, satul este micșorat la dimensiunile unui simplu punct; urmează un al patrulea, un al cincilea, care cuprind țara, Europa, Pămîntul... Seria se oprește aici, dar îmi închipui că ea ar putea fi continuată,

arătînd cum globul nostru se integrează la rîndul lui în sistemul solar, acesta din urmă, în Galaxie, iar aceasta, în Roiul local și așa mai departe.

Mă apuc și eu, ca un elev distrat, să visez. Acest „și așa mai departe" mă deranjează și ridic din umeri : ce prostie ! „Și așa mai departe" nu înseamnă nimic ! Numai observația poate decide dacă vom continua la nesfîrșit această mărire sau dacă ne vom opri în mod obligatoriu în fața unei granițe ! Numai observația este în măsură să tranșeze, să spună dacă universul galaxiilor este închis de o astfel de frontieră sau dacă, dimpotrivă, el este fără „capăt", dacă el nu este cumva un fel de picătură, de suflare dintr-un fluid la o scară și mai mare, fluid care la rîndul său... „Mă opresc în fața unui nou „și așa mai departe", pe punctul de a mă lăsa dus de o beție metafizică care este poate un produs al imaginației mele.

Această reverie și această beție m-au readus în centrul preocupărilor mele, la acea căutare a capătului lumii în care cititorul m-a urmat pînă aici.

Totodată, micul manual de geografie mi-a sugerat o pistă nouă și nu-mi mai rămîne decît să pornesc pe urma acestor naive desene în cascadă.

ÎN CĂUTAREA UNEI MĂSURI PENTRU SONDAREA CERULUI

Căci n-am terminat încă cu ancheta noastră asupra „capătului științei" ! Capăt pe care am încercat să-l atingem sondînd materia inertă și materia vie, dar nu trebuie să uităm că univesul are, dacă se poate spune, două extremități și că dacă una se îndreaptă spre infinitul mic, cealaltă

se întinde, deasupra capului nostru, în direcția infinitului mare.

Cititorului care a achiziționat această carte și pe care, prin definiție, îl interesează subiectul pe care ea îl tratează, este inutil să-i mai batem capul cu obișnuitele banalități despre infinitul firmamentului, cu obișnuitul „ce e dincolo ?" și cu alte profeții poetico-filozofice mai mult sau mai puțin nebuloase.

În plus, poate că noțiunea de „capăt al cerului" nu este chiar atît de inaccesibilă înțelegerii noastre ca cea de „capăt al materiei". Căci dacă numai rațiunea concepe hîrtia, masa, floarea, descompuse în molecule, în atomi și în particule, „capătul cerului" pare a ne urma privirea și, pentru a ni-l reprezenta, alăturăm de data aceasta imaginația rațiunii.

...Pentru a ni-l reprezenta, de altfel, într-o măsură extrem de redusă ! Stînd în picioare în vîrful unei faleze care coboară abrupt în mare, nu ne este deloc greu să ne închipuim adîncimea ei, și chiar „să vedem", în gînd, abisuri mai profunde, ca cele pe care le sondează batiscafele. Dar cînd, într-o noapte limpede și frumoasă, contemplăm cerul, deși el este în adevăr fără sfîrșit, ne vine greu să-l cuprindem în întreaga sa vastitate ; poate pur și simplu pentru că el se întinde în lărgime deasupra noastră, în loc să se caște la picioarele noastre. Există totuși posibilitatea de a ne face o mică idee despre el : să luăm loc la bordul unei astronave cu destinația Lună sau Marte, și pe drum să îmbrăcăm un costum de astronaut pentru a face o mică plimbare pe afară. Că o astfel de plimbare e posibilă, este evident, căci specialiștii ne-au demonstrat-o de atîtea ori.

Cu condiția, însă, să fim legați de astronavă cu o frînghie zdravănă, altfel, la cea mai ușoară mișcare ne-am vedea expediați în depărtare fără vreo speranță de întoarcere. Să nu uităm că în vid, în absența oricărei forțe, mișcarea noastră nu poate fi decît rectilinie și uniform prelungită. Odată detașați de astronavă, am fi, deci, lansați în spațiu, fără a ne putea alege direcția sau viteza ; am fi condamnați să alergăm în neștire, în afară de cazul cînd am cădea pe un astru oarecare. Este momentul să ne întrebăm dacă, atunci cînd costumul de scafandru nu va conține decît un cadavru, el va continua să avanseze la infinit sau se va opri undeva la „capătul" universului.

Ajunge cu visarea și anticipația ! Noi, discipolii necondiționați ai metodei științifice, sîntem niște oameni prozaici, supuși modestei realități — chiar atunci cînd ne propunem să căutăm capătul cerului. Cînd plimbîndu-ne pe cîmp zărim o groapă și sîntem curioși să-i aflăm adîncimea, luăm un băț și-l îndesăm pînă ce atingem fundul. Ei bine, pentru ce n-am proceda la fel și cu cerul ? Pentru ce să nu implîntăm în el o sondă ? Chiar dacă trebuie să punem cap la cap două, zece, o sută de astfel de sonde, pînă ce vom atinge fundul cu ele, dacă există vreunul, sau pînă cînd experiența ne va dovedi că nu există un astfel de fund.

Desigur, este mai puțin ușor să faci așa ceva în cerul astronomilor decît într-o groapă, sau chiar în mări ; dar cuvîntul „experiență" nu înseamnă neapărat „concret" sau „manual", și știința ne oferă efectiv mijloace de sondaj care, deși nu au caracterul strict material al unui băț, au totuși o soliditate la fel de absolută ca acesta. Exact așa cum încrezîndu-vă, pentru a măsura distanța dintre două orașe, în indicațiile bornelor kilome-

trice, nu sînteți totuși sigur de exactitate decît dacă ați pus decametrul cap la cap, pe toată lungimea drumului.

Mai rămîne să alegem sonda, sau decametrul, sau unitatea care poate fi pusă cap la cap în spațiu pînă ce, fie că există sau nu un capăt, sondajul va fi concludent. De importanța capitală a acestei alegeri nu se îndoiește nimeni. Nimănui nu i-ar trece prin cap să cerceteze o groapă cu un băț strîmb și pentru ca un marinar să poată afla adîncimea mării, prima condiție este ca linia sondei sale să aibă diviziuni egale. Altfel spus, unitatea pe care noi o vom utiliza trebuie să aibă o lungime invariabilă, fixată cu cea mai mare precizie. Pentru a aprecia importanța acestei ultime condiții, să ne gîndim la un inginer de drumuri și poduri care ar pune bornele kilometrice cu o eroare de cinci metri în plus sau în minus ; la capătul unei sute de kilometri, eroarea ar putea fi evaluată la o jumătate de kilometru !

Bineînțeles, pe pămînt există anumite unități care satisfac aceste exigențe, de exemplu, metrul și gradul de meridian. Nenorocirea este că aceste unități sînt absolut improprii pentru măsurarea cerului : ar trebui prea multe ! Îi este tot atît de imposibil unui astronom să măsoare universul în metri sau în kilometri pînă la nebuloasa Andromeda, ca și unui inginer de drumuri și poduri să evalueze distanța Paris-Roma cu un dublu decimetru.

Dar, nu are rost să mai prelungim această introducere. Toată lumea știe că în materie de sondaje cerești unitatea de lungime curentă este distanța de la Pămînt la Soare. Ea este destul de lungă pentru a sonda oceanul stelar pînă la mari adîncimi, și chiar dacă ea nu ne permite să atin-

gem „fundul", ea furnizează, cel puțin, toți multiplii doriți. Cît despre precizia sa, vom vedea că astronomii lucrează fără încetare pentru a o îmbunătăți. În adevăr, progresul fulgerător al științelor fizice, în ultimii zece-douăzeci de ani, s-a făcut simțit și aici : după ce a stagnat aproape timp de două secole, precizia acestei distanțe este acum de zece ori mai mare decît în 1950 !

UNITATEA NOASTRĂ DE SONDAJ : DISTANȚA PĂMÎNT-SOARE

Bineînțeles, este vorba aici de distanța medie de la Pămînt la Soare : condiție pe care nu este de prisos s-o exprimăm din moment ce, orbita terestră fiind o elipsă, distanța sus-menționată variază de la iarnă la vară cu 5 milioane de kilometri.

Cum se evaluează această distanță ? Ne vom mărgini să o amintim aici în cîteva rînduri, din moment ce am expus problema pe larg în alte cărți.

La prima vedere, ne-am putea gîndi să aplicăm aceeași metodă, care servește pe pămînt, în geodezie, pentru a afla depărtarea față de o clopotniță sau de un munte : ea constă în construirea, pe hîrtie, a unui triunghi în care putem măsura două unghiuri și o latură și căruia i se calculează apoi celelalte laturi cu ajutorul formulelor trigonometrice cunoscute. Din nenorocire, pentru Soare procedeul nu se potrivește, pentru că acest astru este mult prea îndepărtat și pentru că triunghiul, construit cu baza pe o rază terestră, este mult prea lung și subțire, iar unghiul din vîrf mult prea mic.

Șmecheria este să calculezi nu distanța pînă la Soare, ci pe cea pînă la o planetă apropiată.

Marte și Venus s-ar potrivi destul de bine, dar asteroidul *Eros*, care „se freacă" de pămînt la vreo cincisprezece milioane de kilometri „numai", se potrivește mai bine. A treia lege a lui Kepler ne permite ca, pe baza distanței astfel obținute, să trecem, printr-un calcul elementar, la cea a Soarelui.

N-ar prezenta un prea mare interes să reamintim aici numeroasele tentative care s-au făcut pentru a măsura în acest fel unitatea de lungime astronomică. Totuși, este instructiv să amintim că, în 1672, lui Cassini îi ieșiseră 138 500 000 kilometri, pe cînd, în 1941, Spencer Jones, după trierea unui munte de cifre, ajunge la 149 675 000. Cele două cifre sînt de același ordin de mărime dar reprezintă totuși două secole și jumătate de trudă și progres tehnic.

Ultimul strigăt al metodei a fost aplicarea ei, în 1960, la planeta artificială, „Pionnier V", lansată de americani la 11 martie. Era o mașinărie de vreo patruzeci de kilograme, care cuprindea un puternic aparataj de emisie și recepție. Această planetă s-a îndepărtat de Pămînt pînă la aproximativ o sută de milioane de kilometri, apoi a început să graviteze în jurul Soarelui. Timp de 108 zile s-au recepționat semnalele sale și s-a putut observa asupra lor un efect Doppler-Fizeau semnificativ [1]. Valoarea acestui efect a permis să se deducă mai întîi distanța planetoidului, apoi, tot prin intermediul legii lui Kepler, pe cea a Soarelui. Rezultatul a fost următorul : 149 549 000 kilometri. Incertitudinea rămasă era mai mică decît în cazul rezultatului lui Spencer Jones, dar totuși apreciabilă. Atît de apreciabilă chiar, încît calculul dis-

[1] Vezi nota de la p. 34 (n.a.).

tanței pînă la cea mai apropiată stea ar fi dat o eroare echivalentă cu mai mult de 23 de ori distanța Pămînt-Soare ? După cum se plîngea domnul Danjon, nu se avansase prea mult față de vremea astronomului Pingré din secolul XVIII....

ETALONAREA UNITĂȚII ASTRONOMICE

Și atunci, în această rutină a măsurătorilor delicate și anoste, își făcu intrarea senzațională radarul.

Pentru prima dată se vorbise de radar în astronomie, în 1946, cînd un aparat al marinei americane reușise să obțină un ecou pe Lună. Vă amintiți, probabil, principiul care stă la baza acestui procedeu : proiectarea unui fascicul de unde scurte spre obstacolul de detectat (sau obiectul a cărui depărtare dorim s-o știm), apoi captarea ecoului, produs în urma reflexiei ; durata drumului dus-întors, înregistrată de un calculator electronic, dă cu ușurință distanța căutată.

În practică, marea dificultate provine din inevitabila dispersare a fasciculului în cursul drumului dus și întors, drum care, în cazul Lunei, se întinde pe aproximativ 770 000 kilometri. Dispersarea aceasta antrenează o pierdere de energie proporțională cu pătratul distanței, astfel încît, din emisia de 40 000 wați dirijată spre satelitul nostru, aceasta nu primea decît 100, din care el reflectă 10... radarul receptor nemaicaptînd la întoarcere decît vreo $1/10^{15}$!

$1/10^{15}$ watt, este mult mai puțin decît forța dezvoltată de o pană care cade de la un milimetru. Ceea ce ne arată cît de mult au trebuit să se perfecționeze radarele pentru a putea culege, în 1958,

primele ecouri de pe Venus! Căci Venus este cel puțin de 100 de ori mai îndepărtată decît Luna ; drumul dus-întors echivalează deci cu 200 de drumuri lunare și, în consecință, ecoul este de 40 000 de ori mai slab.

Totuși, în aprilie 1961, cînd planeta s-a aflat la distanța cea mai mică față de Pămînt, patru centre de radar s-au luat la întrecere pentru a încerca să stabilească legătura : faimosul centru englez de la Jodrell Bank, laboratorul de propulsie prin reacție, laboratorul Lincoln din Statele Unite și un observator radio-astronomic sovietic. Lucru remarcabil, cele patru rezultate concordă cu o aproximație de cîteva sute sau cîteva mii de kilometri. Distanța Pămînt-Soare a fost apreciată la 149 457 000 kilometri în U.R.S.S. și la 149 600 000 la celelalte trei observatoare. Noua valoare era cu atît mai sigură, cu cît provine dintr-o măsurătoare directă, fără veșnicul intermediar al măsurării unghiurilor. Incertitudinea care fusese de 66 000 kilometri în plus sau în minus la Spencer Jones, și 13 000 la „Pionnier V", scădea acum la cel mult 5 000.

Supliment de precizie, a cărui consecință nu a fost numai găsirea unui instrument riguros de sondaj pentru expediția noastră : să ne gîndim numai la profitul imediat pe care îl poate trage de aici astronautica. După cum ne amintea recent astronomul englez J. H. Thomson, chiar lansînd spre Venus o rachetă după toate regulile artei, nu se putea spera pînă acum ca aceasta să nimerească mai aproape de 35 000 kilometri de Venus — tocmai pentru că distanța acestei planete era foarte puțin cunoscută. Datorită noilor măsurători ale etalonului astronomic, eroarea se reduce la cîteva mii de kilometri, și de acum înainte putem avea în vedere lansări cosmice mult mai puțin aleatorii.

Vom adopta deci acum etalonul pe care l-am numit *unitate astronomică* (prescurtat : U.A.) și înarmați cu acest „decametru" vom porni de îndată la drum spre „capătul" universului.

Pentru a nu fi prea repede dezorientați, vom porni dintr-un colț cunoscut, familiar chiar, și pentru aceasta vom prelua pur și simplu ștafeta de la micul manual de geografie pentru școala primară despre care am vorbit adineaori.

Ultima imagine din manual era cea a Pămîntului în spațiu — adică : priveliștea ce se arată astronauților la debarcarea pe Lună. Dar Pămîntul și Luna nu sînt decît la 384 000 kilometri distanță, sau la 0,00257 U.A. și ne aflăm aici ca și într-o comună suburbană. De acolo de sus, globul nostru pare cît o monedă de 1 franc plasată la 0,80 m de ochi. Chiar dacă ne-am îndepărta pînă la distanța lui Venus (minimum 41 000 000 kilometri sau 0,274 U.A.), moneda n-ar trebui plasată decît la 37 metri.

Aplicată la distanțe atît de respectabile, conjuncția „decît" poate surprinde. Ea se explică însă dacă ne gîndim că, de pe planeta Uranus, situată la mai mult de 18 U.A., pămîntul va fi complet invizibil, exact ca aceeași monedă văzută de la 5 kilometri și jumătate. Ce să mai spunem dacă am încerca să descoperim Plutonul (38 U.A.) ? Ar fi același lucru ca și cînd am pune moneda noastră în vîrful turnului Eiffel și am încerca să o zărim din Argenteuil !

Ar trebui, totuși, ca să terminăm cu această primă și scurtă etapă, să ne dăm ceva mai mult înapoi. Să ne îndepărtăm, deci, pînă cînd vom ajunge la 3 592 U.A. de Soare. Un număr ciudat, veți spune.

Da, desigur, dar ales în mod special, pentru că, văzut de la această distanță, sistemul solar însuși are diametrul aparent pe care îl are pentru noi Luna. Faceți următoarea experiență : într-o noapte cu lună plină, așezați moneda de 1 franc la 1,40 m de ochi ; veți constata că ea ascunde perfect diametrul lunar. Or, dacă am putea face aceeași experiență la 3 592 U.A. de Soare, întregul nostru sistem planetar, pînă la orbita lui Pluton, ar fi mascat.

...Cel puțin în principiu, căci este evident că toate planetele ne vor fi riguros imperceptibile și că însuși Soarele nu va mai fi decît o stea mare.

Aceasta este deci, în cursa noastră spre frontiera universului, prima escală la care ni se pare legitim să facem o haltă. Sistemul nostru solar redus la o încîntătoare miniatură, acesta este desenul care urmează în mod firesc după poza din geografia noastră pentru școala elementară. E inutil, nu-i așa, să mai insistăm asupra acestui punct de vedere ? Sîntem încă destul de departe de „capătul" cerului, dar minusculul regat solar a și început să ni se pară derizoriu de îngust. A fost o vreme, nu mai departe de acum un secol, știți prea bine, cînd acest regat reprezenta tot domeniul astronomiei ; să ne amintim de primul capitol, savanții își limitau ambițiile la planete, și nu îndreptau spre stele decît cîteva sondaje aproximative și repede descurajate. Astăzi, dotați cu mijloace infinit mai eficace, ei abandonează timidul cabotaj de ieri pentru a întreprinde raiduri mari de explorare prin oceanul galaxiilor. După înscăunarea sputnicilor, studiul sistemului solar are chiar tendințe de a se detașa de această astronomie stelară și galactică pentru a constitui o specialitate autonomă. Aceasta se sprijină, bineînțeles, pe puternica ei soră mai mare,

dar are scopuri mult mai utilitare. Astfel, vedem născîndu-se cu ea o știință nouă, astrodinamica, valabilă în sistemul solar, aplicabilă în astronautică, și în care mecanica cerească face apel în același timp la arta inginerului și la cunoștințele cele mai concrete despre rachete.

A DOUA ESCALĂ: LUMEA STELELOR

Pentru a ajunge la prima noastră oprire, a trebuit să străbatem 3 592 U.A., sau, dacă vreți, să așezăm cap la cap 3 592 de sonde de ale noastre. Pentru a ajunge la a doua, vom alinia 270 000 și vom atinge astfel steaua cea mai apropiată, *Proxima*, din constelația Centaurului.

Trecînd de la sistemul solar la sistemul stelar înseamnă o schimbare de scară asemenea celei pe care o facem trecînd de la planul școlii la harta țării. Pe acest nou desen, stelele și nu planetele sînt personajele importante. Aici Soarele nu figurează drept conducătorul unui roi de planete, ci drept simplă stea. Asemenea unui nor de praf, semnele lui se întind la nesfîrșit în juru-i, cînd mai mari, cînd mai mici, dar de cele mai multe ori de mărime și strălucire egală. De asemenea, cel mai adesea, depărtarea lor este de același ordin de mărime ca distanța de la Soare la Proxima Centauri, adică de vreo 300 000 U.A. Există unele foarte apropiate de noi — adică de Soare — și altele foarte depărtate; atît de depărtate, încît ele devin abia perceptibile pe clișeele cu expunere îndelungată ale marilor observatoare. O stea ca Sirius este numită de mărimea — 1,5; ea strălucește la fel cu o lumînare văzută de la 350 de metri; o stea ca cea Polară, de mărimea + 2, strălucește ca o

lumînare așezată la 2 kilometri de noi ; una din stelele cele mai slabe pe care noi le observăm cu ochiul liber, zisă de mărimea 6, strălucește ca o lumînare la 11 kilometri. Cît despre celelalte... să ne gîndim la ceea ce reprezintă mărimea 23,5, care este cea a obiectelor cerești celor mai palide, care se pot fotografia cu telescopul gigant de pe muntele Palomar.

Dar intenția noastră nu este de a descrie aici lumea stelelor, lucru pentru care invităm cititorii să cerceteze una dintre lucrările scrise de noi pe această temă[1] : năzuim să atingem capătul universului și nu ne putem pierde vremea pe drum. Metoda noastră mai constă în a pune mereu cap la cap niște unități astronomice pentru a vedea „pînă unde merge". Așa încît, sarcina noastră este, pentru moment, să prelungim cît mai departe „decametrul" nostru prin mijlocul mulțimii de stele fără a ne sinchisi de altceva. Așa cum face, de altfel, și topograful, care își îndreaptă teodolitul și își întinde firele gradate peste cîmp fără să se uite la datinile și obiceiurile populației.

Or, operația noastră de măsurare reușește perfect pînă la distanțe de cîteva sute de mii de unități astronomice. Cu alte cuvinte, procedeul trigonometric, care constă în rezolvarea unui triunghi, în care cunoaștem baza și două unghiuri, rămîne eficace. Singura diferență față de aplicarea lui la Lună și la alte planete, și chiar față de aplicarea în geodezie, constă în faptul că în cele trei cazuri, baza nu este aceeași : geodezianul folosește o bază trasată pe pămînt și măsoară cîteva sute de metri ; selenograful și planetograful utilizează raza Pămîntului — iar specialistul în astronomia stelară nu

[1] De exemplu *L' Astronomie* (Livre de poche, 1961) (n.a.).

cere nici mai mult nici mai puțin decît raza orbitei terestre, adică distanța Pămînt-Soare. Și încă, chiar pe o asemenea bază, echivalînd în lungime cu o unitate astronomică, unghiul de la vîrf nu atinge, în cel mai bun caz, o secundă de arc.

Ceea ce este de admirat, este faptul că s-a ajuns la evaluarea unui astfel de unghi, chiar cînd el ajunge aproape de 0″,005 ! În acest caz, distanța este de ordinul a 41 milioane de U.A. și, pînă la această distanță, există mii și mii de stele.

...Mii de stele, cînd cea mai slabă lunetă de amator face să apară milioane. Evident, asta înseamnă că, ajunși la 41 de milioane de unități astronomice de Pămînt, sîntem încă departe de marginile universului, și că limita cîmpului de stele este încă dincolo de orizont. Nenorocirea este că tehnica noastră de măsurare este la capătul puterilor, că ea se arată neputincioasă în manipularea unghiurilor mai mici de 0″,005 — cred că aceasta este grosimea unui fir de păr privit de la aproape 2 kilometri și jumătate. Sîntem deci obligați să o înlocuim cu alta.

Această metodă salvatoare s-a născut în 1916, sub forma unui articol în revista de rezumate a Academiei de Științe din Washington. Articolul era semnat de Walter Adams (1876—1956). Acesta era un astronom de pe muntele Wilson care avea obiceiul, după cum povestește prietenul său Shapley, să caute perfecțiunea în tot ceea ce întreprindea. Cel mai curios e că adesea izbutea ! În cercul astronomilor wilsonieni, Adamas era primul atît din punct de vedere al rezistenței, în serile de veghe la telescop, cît și la urcarea cărăruii povîrnite de pe Sierra Madre, atît la tenis, cît și la biliard, la golf, cît și la bridge !

Comunicarea sa din 1916 dovedea că el era totodată capabil să înainteze în cer mai mult decît reuşise vreodată un om. Inventase metoda de sondaj numită *spectroscopie*, despre care e suficient să dăm o mică idee.

Această metodă se bazează pe o constatare cît se poate de simplă : o lumină pare cu atît mai slabă, cu cît ea este mai depărtată. Legea fundamentală a fotometriei precizează chiar că strălucirea ei scade proporţional cu inversul pătratului distanţei sale : la distanţă dublă, strălucire de patru ori mai mică ; la distanţă însutită, strălucire de 10 000 de ori mai mică.

„*Să vedem*, spune mai apoi Adams, *ce avantaje poate trage astronomia din această lege. Să presupunem că o stea identică cu soarele ne apare de 25 de ori mai puţin strălucitoare* [1] *; deducem astfel că ea este de 5 ori mai îndepărtată şi că se află, în consecinţă, la o distanţă de 5 U.A. Dacă strălucirea stelei este de 81 de ori mai slabă decît cea a Soarelui, înseamnă că distanţa este de 9 ori mai mare, deci egală cu 9 U.A. şi aşa mai departe. Condiţia «identică cu Soarele» nu este de altfel exigibilă dacă se cunoaşte puterea luminoasă a stelei în raport cu cea a acestui astru. Un glob a cărui luminozitate ar fi de 10 ori cît cea a Soarelui şi care ar părea totuşi de 100 de ori mai palid, este de 10 ori mai depărtat.*"

— Dar, se poate obiecta, cum să cunoaştem puterea luminoasă a unei stele ? Cum se poate şti dacă steaua Polară, Sirius sau oricare altă stea mai mult sau mai puţin strălucitoare este, prin luminozitatea ei proprie, prin *strălucirea* sa *abso-*

[1] Strălucire şi distanţă perfect neverosimile, utilizate aici pur şi simplu pentru comoditatea demonstraţiei (n.a.).

lută egală Soarelui sau dacă echivalează cu 10 sau cu 1/10 Sori ?

Ei bine, în aceasta constă descoperirea esențială a lui Adams. El a găsit, în spectrul stelelor, o anume caracteristică de care depinde strălucirea lor absolută. Mai precis, este vorba de intensitatea comparată a anumitor dungi spectrale, care avea legătură cu strălucirea absolută. Astfel încît, o dată cunoscută aceasta din urmă, strălucirea aparentă (sau mărimea) fiind o simplă chestiune de măsurătoare fotografică, distanța stelelor devine calculabilă prin confruntarea celor doi factori. Ea era calculabilă pînă la distanțe mult mai mari chiar decît prin procedeul trigonometric — respectiv pînă la 150 milioane de unități astronomice. Înlocuind ochiul cu celula fotoelectrică pentru a înregistra strălucirea aparentă, se mergea chiar pînă la 1 400 000 000 U.A.

A TREIA ESCALĂ
CONTINENTUL NOSTRU GALACTIC

Un spirit sistematic s-ar putea amuza acum stabilind o simetrie facilă între raidul nostru actual, în infinitul mare, și plonjonul în infinitul mic, relatat în primele capitole. Să ne amintim principalele etape ale acestui plonjon : molecula, apoi atomul, nucleul, nucleonul și mușuroiul confuz de particule la granița realului. S-ar putea spune, în cazul acesta, că în călătoria pe care o întreprindem acum, etapa sistemului solar corespunde cu cea a moleculei, iar etapa universului sideral cu cea a atomului. Primele două nu ne arată într-adevăr decît prelungirea lumii noastre construită la scară umană și numai în cele două etape

următoare începe să ne fugă pămîntul de sub picioare și începem să constatăm că mijloacele noastre de investigație devin din ce în ce mai nepotrivite.

Această constatare ne face să ne întrebăm ce se întîmplă acolo unde procedeul spectroscopic expiră la rîndul său. De ce nu mai este aplicabil ? Oare pur și simplu pentru că distanțele sînt prea mari iar spectrele stelare prea greu de descifrat ? Sau poate am ajuns chiar la capătul universului, și dincolo de 1 400 000 000 U.A. nu mai este nimic ?

Între cei doi termeni ai alternativei, alegerea este ușoară. Este de-ajuns să avem în fața ochilor niște fotografii ale cerului făcute cu un instrument puternic și să vedem stelele, care se îngrămădesc într-atît, încît formează o ceață uniformă : concluzionăm de aici în mod necesar că oceanul stelar nu se oprește atît de curînd și că tehnica noastră este aceea care refuză să ne mai servească.

Vă rog să notați că această slăbiciune ține de o umilă realitate materială : spectrele încetează să fie lizibile și nu ne mai permit să descifrăm strălucirea absolută. Ceea ce ne face să formulăm dorința : de-am putea descoperi un alt mijloc de a citi această strălucire absolută !

Întîmplător, acest mijloc există. Există de o jumătate de secol și am văzut chiar cum s-a format, în 1912, în mîinile lui Miss Leavitt, domnișoara aceea bătrînă din echipa Pickering de la Harvard.

Dintre toate stelele variabile ale căror fluctuații sînt urmărite noapte de noapte de către astronomi, Miss Leavitt a reperat unele care, ca prototipul lor δ Cefeu, merită o atenție specială : cu cît perioada lor de variație este mai lungă, cu atît luminozitatea, strălucirea lor absolută este mai ridicată. Simplificînd mult, putem spune, de

exemplu, că o *cefeidă* care variază în 12 zile are o strălucire absolută de 100 de ori mai mare decît a Soarelui ; una care variază în 100 de zile — o strălucire de 10 000 de ori mai mare decît a Soarelui etc. Aceste stele variabile, aceste cefeide, ofereau deci o cale piezișă pentru a le cunoaște strălucirea absolută : era de-ajuns să le urmărim și să le notăm durata de variație. Calcularea depărtării lor era cu atît mai ușoară, cu cît era vorba de niște stele enorme, mult mai strălucitoare decît Soarele și, în consecință, vizibile de foarte departe. Ca un far de automobil în comparație cu o lanternă de buzunar !

Descoperirea cefeidelor a permis prospectări mult mai îndepărtate decît prin celelalte procedee. Prospectările ajunseră chiar atît de departe, încît astronomii se uitau îngroziți cum distanțele cerești creșteau pînă la adevărate „cifre astronomice", cu șiruri interminabile de zerouri. Distanțele acestea ajunseseră să se exprime în cifre din ce în ce mai greu de mînuit, și, de aceea, ei renunțaseră, în acest domeniu, la folosirea unității astronomice, generalizînd utilizarea unei unități mai mari, *anul-lumină* [1].

Este inutil, nu-i așa, să ne oprim prea mult asupra definiției anului-lumină? Vom aminti numai că el valorează 63 300 U.A., adică aproape 9 500 de miliarde de kilometri (exact : $9\,461 \times 10^9$). Cu această nouă unitate, distanța pînă la Proxima Centauri ajungea de 4,26 ; cea pînă la Sirius de 8,7 ; pînă la Betelgeuse de 296, și pînă la Rigel de 542.

Este, de asemenea, inutil să mai avertizăm cititorul că, „stelarmente" vorbind, dacă îmi iertați

[1] Paralel cu *parsecul*, care are 3,26 de ani-lumină (n.a.).

acest îngrozitor neologism, acestea sînt distanțe foarte mici și că am putea înșira cap la cap mii și mii din noile noastre sonde fără a ajunge la granița universului sideral. Cunoaștem astăzi, fie prin metoda lui Adams, fie prin cea a cefeidelor, depărtarea a mii de stele, și chiar dacă în anumite locuri ele sînt mai mult sau mai puțin apropiate și îngrămădite, putem spune că mulțimea lor este peste tot la fel de densă, indiferent de profunzimea la care pătrunde sonda.

În mijlocul acestei populații de stele, Soarele se află ca un copac în sînul unei păduri. O pădure pe care o putem privi în fiecare seară senină și pe care am admirat-o cu plăcere încă o dată în această noapte, înainte de a mă apuca să scriu capitolul de față. Cerul unei nopți de vară, într-un colț de țară liniștit, încununat cu strălucirea albastră a Vegăi, încins în constelațiile Aigle, Cassiopeei și Lebedei de brîul luminiscent al Căii Laptelui !

Dîndu-mi seama că acest furnicar de astre se întinde peste tot, chiar și sub picioarele mele, de cealaltă parte a pămîntului, m-am simțit pierdut într-o pădure de stele. Dar, orice pădure își are liziera ei ; în orice pădure marginea se lasă ghicită printr-o rărire progresivă, iar inima, prin îndesirea crescîndă a perdelei de copaci. „Nu trebuie oare să fie la fel și cu pădurea cerească ? Din moment ce s-a demonstrat de multă vreme că stelele nu sînt în număr infinit, că ele constituie o aglomerare limitată numită Galaxie, nu-i putem oare atinge marginea ? Liziera ei n-o fi oare indicată prin așezarea din ce în ce mai rară a stelelor, iar partea cea mai densă — prin locul unde astrele par strînse unele lîngă celelalte dînd impresia unei mase compacte ?"

Dar această parte mai densă, această zonă de desiș impenetrabil a pădurii stelare, o cunoașteți ca și mine : este Calea Laptelui. De-a lungul acestui brîu, aglomerarea siderală are cea mai mare întindere, și cum regiunea sa cea mai deasă se află în constelația Săgetătorului, în această direcție trebuie să-i situăm inima. Oriunde în altă parte decît în Calea Laptelui, liziera este apropiată, și ea este evident cel mai aproape acolo unde privirea se ridică perpendicular pe planul Căii Laptelui.

Să încercăm deci să evadăm din pădure, îndreptîndu-ne spre această margine apropiată ; vom clădi pentru asta o schelă din sondele noastre puse cap la cap : 500, 800, 1 000... De la această distanță, pădurea începe să se lumineze ; la 1 300 de ani-lumină, întrezărim liziera ; încă vreo cîteva stele, și apoi nimic, întreaga pădure este în spatele nostru. Atenție totuși : dacă ne continuăm drumul în aceeași direcție cale de vreo 10 000 de ani-lumină, vom întîlni o perdea de tufe izolate. Sînt roiuri de stele zise *globulare*, care par să stea de strajă de jur împrejurul cetății noastre stelare. O dată depășită această „suprafață de acoperire", nu mai avem în față decît spațiul gol. Continentul galactic rămîne în spatele nostru, închis în învelișul lui de roiuri globulare și strălucind de lumină în întuneric.

A PATRA ESCALĂ : GALAXIA, INSULĂ SAU CONTINENT ?

O haltă se impune aici, și va trebui să ne consultăm jurnalul de bord ținut la zi de la plecare. Am scris în el că pe la 1 300 de ani-lumină am ieșit din continentul (sau pădurea) galactic și că

la 10 000 am trecut de perdeaua sa de roiuri globulare. Am ajuns acum la 15 000, la 50 000, la 100 000, să zicem la 500 000 de ani-lumină, cifră care nu este deloc exagerată din moment ce tehnica noastră de sondaj cu ajutorul cefeidelor merge pînă la cîteva milioane de ani.

Văzută de la o astfel de depărtare, cetatea de stele ne oferă un spectacol extraordinar. Ea pare de mărimea unei roţi de locomotivă văzută de la doi metri şi ne dezvăluie toate detaliile ei. La prima vedere, parcă seamănă cu un disc sau mai degrabă cu un fel de clătită groasă, foarte umflată la mijloc, şi scînteind de astre. Un examen mai atent indică în această masă trăsături mai delicate, şi anume, o structură în spirală, cu două braţe care pornesc din nucleul central lărgindu-se minunat de frumos, pentru a se pierde în cele din urmă în cer. În sfîrşit, un studiu mai minuţios revelează caracterul eterogen al întregului. Ne dăm seama că ceea ce numim pe pămînt Calea Laptelui nu este altceva decît impresia pe care o fac miriadele de stele care populează planul principal al clătitei ; ne dăm, de asemenea, seama că aceasta e făcută nu numai din miliarde de sori, dar şi din nori impalpabili ; graţie cefeidelor aflăm că Galaxia măsoară în diametru 100 000 de ani-lumină, iar în grosime, 16 000. În ceea ce priveşte roiurile globulare, ele formează în jurul ei un înveliş aproape sferic la 10 000 sau 13 000 de ani-lumină depărtare de centru.

„Universul nostru... continentul nostru galactic..." scriem noi. Toate aceste expresii lasă impresia că numitul sistem stelar ocupă într-adevăr totalitatea cosmosului şi că în afară de el nu există nimic. La urma urmei, aceasta ar fi concluzia aparent logică a plimbării noastre, din moment ce,

după ce am străbătut Galaxia dintr-un capăt în celălalt, ne găsim în cele din urmă în spațiul gol. Ne amintim de altfel că aceasta era și concluzia trasă de astronomi acum o jumătate de secol : universul era Galaxia și nu mai exista nimic altceva. Fericiți astronomii din 1913, care, atunci cînd fotografiau roiurile globulare, își închipuiau că fotografiază limitele universului !

Ne închipuim, deci, ce lovitură de teatru atunci cînd, în 1913...

Marele război era pe sfîrșite. Chiar și în America, puțină lume se gîndea la altceva decît la ceea ce se petrecea cu 5 000 km mai departe, între Marna și Rin. Cei ce se ocupau cu astronomia încercară totuși o oarecare emoție atunci cînd aflară din *Astrophysical Journal* că, spre deosebire de ceea ce se crezuse, Galaxia nu era singură în univers.

Articolul din *Astrophysical Journal* era semnat de un anume Harlow Shapley, astronom de pe muntele Wilson, în vîrstă, pe atunci, de 33 de ani. Shapley nu era un necunoscut : el era acela care dovedise, cu cîțiva ani mai înainte, că roiurile globulare făceau parte din Galaxie, pentru care constituiau un fel de avanposturi de apărare. Dar, de data aceasta, era vorba de o veste mai importantă : studiind cerul austral, Shapley își ațintise telescopul spre doi nori mari de stele, vizibili cu ochiul liber, *Norii lui Magelan* ; el reperase în ei niște cefeide ; aplicînd descoperirea recentă a lui Miss Leavitt, el reușise să le calculeze distanța : norii erau situați la vreo 100 000 de ani-lumină, adică, avînd în vedere direcția lor, *în afara* Galaxiei. Pentru prima dată cineva îndrăznea să enunțe cifre atît de mari, și tot pentru prima dată devenea evident că sfîrșitul Galaxiei nu înseamnă sfîrșitul universului.

N-a trebuit multă vreme pentru ca lumea să-şi dea seama că lucrarea lui Shapley dădea peste cap părerea care se încetăţenise despre univers. Războiul abia se încheiase ; astronomia europeană era, pentru multă vreme, incapabilă să se mai ocupe de probleme atît de grandioase, iar astronomia americană, care tocmai inaugura atunci marele telescop de 2,54 m şi recupera nişte specialişti ca Hubble şi Humason, îşi lua startul fulgerător.

— Ce Lună, ce planete ! strigau cu plăcere slujitorii ei. Numai astronomia stelară, galactică şi extragalactică ne interesează. Numai în spaţiile ei imense instrumentele noastre îşi pot desfăşura pe deplin puterea. Noi vom străpunge tainele universului !

Căci taina universului era, încă o dată, pusă în discuţie.

Trebuie să repetăm că, pînă atunci, aproape toţi oamenii calificaţi împărtăşiseră ideea *galactocentrismului.* Universul era continentul galactic, în afara căruia se întindea la nesfîrşit spaţiul gol. Existau oare în acest ocean fără margini insule, stele sau grupuri de stele izolate ? Era îndoielnic, dar, la urma urmei, nu era chiar imposibil. Oricum, Galaxia rămîne gruparea dominantă a cosmosului.

Şi, deodată, Shapley dovedea că cei doi Nori ai lui Magelan nu aparţineau Galaxiei — Norii lui Magelan : două roiuri cuprinzînd fiecare milioane de sori. Şi în afara Galaxiei, puteau deci exista aglomerări de astre, deloc neglijabile. Trebuia să se tragă de aici concluzia că Galaxia nu era singura cetate stelară din univers ? Trebuia să i se retragă deci titlul de continent unic şi mîndrul ei privilegiu ?

La 26 aprilie 1920, o şedinţă contradictorie a avut loc pe această temă la Academia de Ştiinţe din Washington. În sală luase loc crema astronomiei yankee ; pe estradă se aşezaseră cei doi oratori, Harlow Shapley, partizan al „continentului", şi Heber Curtis, director al observatorului din Pittsburg, suporter al „insulei" galactice.

Aşa cum povestea Otto Struve [1], cei doi adversari erau nişte savanţi de clasă. Amîndoi erau cunoscuţi, amîndoi beneficiau de o înaltă specializare, amîndoi erau înarmaţi cu un arsenal impozant de dovezi experimentale şi de argumente logice. Poate că Shapley era mai îndrăzneţ, mai imaginativ, mai înclinat să facă ipoteze, iar Curtis mai prudent, mai realist, mai sigur de baza lui. Oricum, nimeni pe lume n-ar fi putut fi arbitrul acestei confruntări, şi cu atît mai mult nu ar fi putut prevedea cine avea să cîştige.

Discuţia care s-a pornit poate fi, fără a o deforma excesiv, schematizată astfel.

SHAPLEY : Galaxia este un continent care cuprinde aproape tot ceea ce există. Ea are un diametru de 300 000 ani-lumină [2], iar roiurile globulare cele mai depărtate care îi jalonează conturul se află la cîteva sute de mii de ani-lumină. Soarele nu se află, de altfel, în centrul acestui sistem : depărtarea lui faţă de centru este de vreo 50 000 ani-lumină [3].

[1] *Sky and Telescope*, mai 1960, p. 398 (n.a.).

[2] Număr care avea să fie redus mai tîrziu la 100 000 (n.a.).

[3] Număr care avea să fie redus mai tîrziu la 27 000 (n.a.).

CURTIS : Stop ! Sînt de acord cu dumneavoastră în ceea ce privește faptul că roiurile globulare țin de Galaxie, dar dumneavoastră le supraapreciați mult distanța și este preferabil s-o împărțiți la 10. Diametrul Galaxiei este și el exagerat, iar Soarele se află mult mai aproape de centru decît susțineți. Pe scurt, Galaxia nu este un continent, ci o insulă. Am putea spune chiar : un univers-insulă, asemeni acelor universuri-insule pe care le constituie nebuloasele spirale identificate pe vremuri de William Herschel și de lordul Rosse.

Vom introduce aici o paranteză pentru a aminti, în cîteva rînduri, ce sînt aceste nebuloase spirale. Încă de la începutul secolului al XVIII-lea se știa de existența pe cer a unor obiecte palide, numite *nebuloase*. Astronomul francez Messier publicase un catalog al lor în 1784. Confratele lui hanovrez Herschel emisese, ceva mai tîrziu, ipoteza că era vorba de roiuri de stele, fiecare dintre ele fiind în realitate, un fel de univers în miniatură, sau mai degrabă un micro-cosmos independent, un fel de „univers-insulă". După încă o jumătate de secol, un astronom irlandez, lordul Rosse, descoperise că multe dintre aceste obiecte aveau forma unor spirale. Spirale sau nu, erau oare acestea, cum presupusese Herschel, niște gigantice universuri-insule, fantastic de îndepărtate, sau trebuia să vedem în ele doar niște vaste nebulozități cosmice ? Pînă în 1920, această din urmă opinie predominase. De aceea, putem pune în gura lui Shapley o replică de genul acesta :

SHAPLEY : Ei, asta-i Dacă aceste nebuloase spirale ar fi niște universuri de talie comparabilă cu Galaxia noastră, la ce distanță de necrezut ar

trebui să se afle ele, pentru a ne apărea atît de palide ? Ar trebui poate să atribuim pînă la 10 milioane de ani-lumină nebuloasei din Andromeda, care este, totuși, singura vizibilă cu ochiul liber ! Nu, credeți-mă : toate lucrările concordă pentru a ne arăta că spiralele sînt niște obiecte care nu țin, sînt de acord, de Galaxie, dar sînt totuși destul de apropiate de ea, să zicem : la distanțe de ordinul a 20 000 de ani-lumină în ceea ce le privește pe cele mai apropiate.

Shapley era imbatabil în problemele galactice, dar în ceea ce privește universurile-insulă, Curtis avea răspuns la orice întrebare ! El trînti, am putea spune, interlocutorului său argumente care nu și-au pierdut aproape nimic din actualitate :

CURTIS : Serios ? Dar dacă apreciați la 20 000 de ani-lumină distanța celor mai apropiate spirale, care ne apar, după cum spuneți, cu un diametru de 1—2 grade, atunci la cît evaluați distanța pînă la cele mai palide, al căror diametru nu depășește 5 secunde de arc ? Aplicarea legii fotometriei dovedește că ele trebuie să se găsească la o depărtare de 20 de milioane de ani-lumină, adică mult mai departe decît marginea Galaxiei ! Și apoi, uitați oare că, după părerea spectroscopiștilor, spectrul spiralelor nu este cel al unei materii gazoase ci seamănă mai degrabă cu spectrul unei stele ca Soarele ? Ceea ce demonstrează, desigur, că o nebuloasă spirală nu este o adevărată nebuloasă ci, asemenea propriei noastre Galaxii, un roi de miriade de stele.

Astăzi, după peste 40 de ani, această controversă reprezintă pentru noi un epilog dintre cele

mai palpitante din istoria astronomiei. Ea pune față în față părerea tradițională și ipoteza căreia avea să i se ralieze viitorul ; ea marca agonia galactocentrismului, înscăunarea ideilor noi despre universul nelimitat și oceanul nesfîrșit al universurilor-insule ; ea deplasa, fără posibilitatea unei reveniri, granița universului, smulgînd-o din sfera Galaxiei și ducînd-o pînă la...

— Dar, în fond, va întreba poate cititorul, dintre Shapley și Curtis, este evident că cel din urmă avea dreptate, nu-i așa ?

Ei bine, oricît de ciudat ar părea răspunsul, trebuie să recunoaștem că dreptate aveau amîndoi.

Curtis avea dreptate să vadă în spirale niște universuri-insule asemănătoare Galaxiei, situate la milioane de ani-lumină, și nu se înșela cînd o privea pe aceasta din urmă ca pe o insulă asemănătoare celorlalte. Shapley avea dreptate să considere această Galaxie ca pe un sistem cuprinzînd stelele și roiurile globulare și să situeze Soarele nu în centrul ei, ci într-o poziție foarte excentrică. Ordinul de mărime al dimensiunilor pe care le propusese era și el corect ; păcat numai că el supraapreciase cu vreo 33% dimensiunile galactice, distanța de la Soare la centrul Galaxiei și distanța celor mai îndepărtate roiuri globulare. Această eroare provenea oare din niște lacune ale astronomiei epocii, sau din greșeli comise de Shapley ? Cîtuși de puțin : ea era consecința unui fenomen neobservat încă și pe care savantul avea toate motivele să-l ignore : prezența în Galaxie — și mai ales în planul ei principal — a unor nori de gaze și de praf care fac să pălească strălucirea astrelor îndepărtate și le fac să pară mai îndepărtate decît sînt. Dar existența acestor nori nu avea să fie descoperită decît în 1930 de astronomul elve-

țiano-american Robert Trumpler (1886—1956), și avea să treacă aproape un sfert de secol pînă cînd importanța lor să fie apreciată la justa valoare.

Cea mai bună concluzie a dezbaterii a fost trasă, în același an, de suedezul Knut Lundmark, directorul observatorului din Lund. După ce a atras cu prudență atenția asupra faptului că balanța nu se înclinase în mod sensibil nici de o parte, nici de cealaltă, savantul a dedus din lucrările sale un argument care, de data aceasta, decidea definitiv în favoarea universurilor-insule. „*În nebuloasa din Andromeda*, spuse el, *există nove care seamănă mult cu cele din Galaxia noastră. Or, cum ele sînt de 25 000 de ori mai palide decît stelele de mărimea a șasea (cele mai slabe dintre cele vizibile fără lunetă), este limpede că ele trebuie să fie de 158 de ori mai îndepărtate (158 fiind rădăcina pătrată din 25 000). Astfel încît nebuloasa din Andromeda trebuie să se afle la 500 000 de ani-lumină. Curtis avea dreptate.*"

După cum știm, viitorul avea să confirme ordinul de mărime al rezultatelor lui Curtis și Lundmark. Galaxia își pierdea astfel locul de centru al lumii, ce-i fusese acordat pe nedrept, și era retrogradată la rangul de univers-insulă oarecare. În chip de compensație, majoritatea astronomilor îi atribuiau dimensiuni mult superioare oricărei alte spirale. Galactocentrismul, acest descendent degenerat al răposatului antropocentrism era tenace și nu putea fi încă vorba de extirparea lui.

Etapa este capitală pentru noi, nu credeți, dragi cititori ? Căci, din clipa din care s-a demonstrat că marginea Galaxiei nu este nicidecum capătul universului, iată-ne obligați să punem iarăși mîna pe baston și, lăsînd numita Galaxie să se piardă

în depărtări, să reîncepem să ne înșirăm cap la cap sondele pentru a încerca să ajungem la ipotetica noastră graniță.

A CINCEA ESCALĂ : UNDEVA ÎN OCEANUL INTERGALACTIC

Să privim deci cum urcă acul contorului nostru de distanțe pe care l-am pus la zero la plecarea de pe Pămînt. La ieșirea din Galaxie el marca cîteva mii de ani-lumină, în funcție de depărtarea sau apropierea laturii pe care am ieșit din ea ; contorul arată acum 500 000 de ani-lumină, apoi un milion, apoi două, apoi... Dar să ne oprim aici, în plin cer, pentru a examina priveliștea. Și din moment ce în aceste spații extragalactice nu există nici atmosferă, nici vreo nebulozitate care să stînjenească vederea, să cuprindem cu privirea tabloul ce se rotunjește în jurul nostru.

După ce am părăsit universul-insulă în care ne-am născut, ne aflăm acum în inima oceanului intergalactic, în acel spațiu nedefinit, presărat ici și colo cu spirale. Să nu credeți că, pentru a schița tabloul ce ni se înfățișează, sîntem nevoiți să recurgem la o descriere din închipuire și să apelăm numai la resursele imaginației : am acum pe biroul meu cîteva fotografii, făcute pe muntele Wilson și pe muntele Palomar, care reprezintă ceea ce am vedea dacă o astronavă ne-ar transporta la cîteva milioane de ani-lumină. „Cerul", deși complet negru, este plin de o mulțime de nebuloase mai mult sau mai puțin apropiate, mai mult sau mai puțin strălucitoare, cu o formă mai mult sau mai puțin regulată sau ciudată.

Nebuloase? În această etapă, termenul este evident inadecvat. Cele care se prezintă ochilor noştri nu sînt, aşa cum le vedem din Galaxie, nişte nori vagi de gaze sau de praf, din moment ce toate, sîntem siguri, reprezintă universuri-insule ca şi al nostru, populate ca şi el cu miliarde de stele. Să le calificăm drept extragalactice, fie, dar ar fi preferabil să le numim pur şi simplu „galaxii" sau eventual „spirale".

De altfel, nu avem nevoie să aşteptăm inventarea astronavei interstelare pentru a face cunoştinţă cu ele : este suficient să luăm loc în faţa ocularului unei instalaţii mult mai economice, şi anume, a unei lunete astronomice. Chiar şi o lunetă modestă, al cărei obiectiv nu măsoară în diametru decît cîţiva centimetri, este capabilă să ne dezvăluie o bună parte din panorama celei de a 5-a escale. Ea ne furnizează chiar, în chip de mostră, o gamă variată de universuri-insule.

Căci, dacă numai unul dintre acestea este vizibil cu ochiul liber, o lunetă de amator face accesibile vederii noastre pe cele din constelaţiile Triunghiului, Ciinilor de vînătoare, Leului, Carului Mare şi multe altele. Toate ne apar ca nişte pete albicioase excesiv de confuze, de-a dreptul decepţionante în comparaţie cu minunatele imagini pe care ni le oferă telescoapele gigant ! Nişte pete în care ne este absolut imposibil să distingem stele individuale, nişte pete care nu-şi revelează forma şi structura în spirală decît pe clişeele cu expunere îndelungată, şi care ar continua să reprezinte pentru noi acelaşi semn de întrebare ca şi pentru Herschel şi Rosse, dacă, în 1923...

În ziua de 6 octombrie a acelui an, astronomul Edwin Hubble se îndeletnicea cu examinarea unei

fotografii a nebuloasei din Andromeda, luată în ajun la telescopul de 2,54 m...

Hubble : este probabil de prisos să repovestim aici biografia acestui mare astronom, Galileu al timpurilor moderne. Din 1920 și pînă la moartea sa (1953), s-ar fi putut spune despre el ceea ce spunea cu două secole mai devreme Fontenelle despre Cassini : că el cunoștea cel mai bine de pe lumea asta cerul. El știa pe de rost fizionomia și poziția a sute de galaxii și era capabil să dea pe loc semnalmentele amănunțite ale acestora. Prietenul său Mayall povestește că într-o seară Hubble a intrat pe neașteptate în cupola telescopului de 1,52 m., unde un novice se chinuia să găsească o anumită nebuloasă și, de emoționat ce era, n-o nimerea cu tubul său. La intrarea „maestrului în spirale", tulburarea tînărului ajunse la culme. Hubble întrebă ce se întîmplă, se apropie, aruncă o privire asupra poziției aparatului și spuse simplu : „declinația este de *plus* 5 grade".

În ziua de 6 octombrie 1923, deci, Hubble descoperi pe clișeul nebuloasei din Andromeda o stea pe care n-o remarcase niciodată. Să fi fost oare o nova, așa cum se mai întîmplase ? Astronomul consultă colecția sa de fotografii, reperă aceeași stea pe cîteva din ele, și trebui să se supună evidenței : nu era vorba de o nova, ci de o cefeidă. Perioada ei era de aproximativ o lună, ceea ce corespunde cu o luminozitate reală de 7 mii de ori mai mare decît a Soarelui. Cum, pe de altă parte, ea era clasată, după strălucirea ei aparentă, în a 18-a mărime, se putea afla cu ușurință depărtarea ei și, în consecință, cea a nebuloasei înseși : 900 000 de ani-lumină [1].

[1] Distanță care a fost redusă, ceva mai tîrziu, la 750 000 de ani-lumină (n.a.).

Hubble împuşca astfel doi iepuri dintr-o lovitură : stabilea fără posibilitatea vreunei contestaţii că spiralele, ca cea din Andromeda, erau într-adevăr extragalactice (din moment ce distanţa lor era mai mare decît cea prevăzută de însuşi Curtis), şi dovedea totodată că ele erau într-adevăr făcute din stele. Nu mai era nici un motiv de ezitare : nebuloasele extragalactice erau într-adevăr universuri-insule autentice ; imperialismul galaxiei noastre îşi trăise traiul.

UNIVERSURI-INSULE ŞI UNIVERSURI-ARHIPELAGURI

Cu excepţia anumitor concepţii de matematică pură, nu există, poate, în toată ştiinţa un subiect de studiu mai teoretic, mai speculativ, mai lipsit de aplicaţii practice decît astronomia extragalactică. Oricît de multă încredere am avea în ştiinţă, tot nu putem spera că galaxiile vor fi utile omului într-un viitor apropiat[1]! Şi totuşi, nu există domeniu de cercetare care să ocupe mai mulţi savanţi, să mobilizeze un utilaj mai important şi să suscite mai mult entuziasm. Aceasta, probabil, pentru că explorarea împărăţiei nebuloaselor deschide în faţa noastră un orizont imens, impresionant, mărginit din toate părţile de necunoscut — şi fiecare ştie că atracţia necunoscutului este unul dintre mobilurile cele mai imperioase şi mai exaltante ale activităţii umane. Astfel, aşa cum, cu aproape cinci secole în urmă, Cristofor Columb se îndrepta cu curaj în necunoscut pe „Santa Maria" lui, în zilele noastre echipe de cercetători aventu-

[1] Decît ca puncte de reper fixe pentru viitoarea navigaţie astrală (n.a.).

roşi se cramponează de focarul telescoapelor uriaşe pentru a explora din ce în ce mai departe oceanul galactic.

Am greşi, într-adevăr, crezînd că astronomia contemporană este în întregime concentrată asupra astronauticii şi studiilor planetare. Dimpotrivă, astronomia „pură" constă în zilele noastre în studiul structurii stelelor, a poziţiei şi mişcărilor lor şi, bineînţeles, în cunoaşterea spiralelor. Cunoaştere, în acelaşi timp, experimentală, prin aparatele şi tehnicile pe care le cere, şi teoretică prin problemele de cosmologie — aş zice aproape de metafizică — pe care le ridică.

Cum să ne îndoim, de altfel, de interesul pătimaş al specialiştilor pentru acest nou ogor de desţelenit cînd ştim ce *simposion* important i-au consacrat acum cîţiva ani ?

În ziua de 15 august 1961, domnul Adlai Stevenson deschidea solemn în faţa Universităţii americane din Berkeley, în prezenţa a circa 10 000 de persoane, şedinţa Uniunii Astronomice Internaţionale. Această asociaţie grupează cea mai mare parte a astronomilor lumii ; ea este prezidată la ora actuală de sovieticul Ambarţumian şi convoacă, la fiecare trei ani, o adunare generală într-una din capitalele ştiinţifice ale lumii. În ziua aceea deci, Uniunea îşi ţinea şedinţa, într-o atmosferă de ceremonie, în minunata regiune a Californiei, unde se află, poate, cel mai mare număr de savanţi pe km ^{2} de pe întreg pămîntul.

De cîteva zile, de altfel, aveau loc întîlniri între colegi de branşă. Încă din 10 august, 130 de specialişti în astronomia extragalactică se reuniseră la Santa Barbara pentru a-şi confrunta informaţiile. Hubble nu se mai afla de faţă pentru a savura roadele unei recolte pe care o inaugurase cu

40 de ani în urmă, și chiar dacă s-ar fi aflat, ardoarea lui ar fi fost, poate, temperată de o notă de melancolie. Pentru că „împărăția nebuloaselor", cum o numea el [1], nu mai are astăzi frumoasa simplitate de altădată ; granițele nu-i mai sînt atît de net definite, iar legile nu-i mai sînt atît de clare — dacă au fost vreodată ; părerile actuale despre ea ar justifica probabil o apostrofare de genul celei pe care bătrînul Kelvin o adresa, în 1900, teoreticienilor care răsturnau atunci fizica, sau o neliniște ca aceea pe care o exprima în amurgul vieții sale venerabilul Lorentz.

Dar, nu pronunțase oare Hubble, în 1953, cu cîteva luni înainte de a muri, aceste cuvinte semnificative : *„cînd depărtarea crește, știința noastră despre galaxii dispare rapid pînă ce, amăgiți de erorile noastre de observație ca de niște fantome, noi ne chinuim să găsim în îndepărtatul și vagul orizont niște repere ceva mai substanțiale."*

Prima recoltă extragalactică fusese culeasă aproape exclusiv cu ajutorul marelui telescop de pe muntele Wilson, prin munca lui Hubble și Humason ; în 1961, alte telescoape răsăriseră în toate colțurile lumii. Chiar fără să vorbim despre radiotelescoape, nu mai este oare cazul să amintim că veteranul de 2,54 metri este astăzi depășit de tinerii săi urmași de la Palomar (5 metri), Lick (Statele Unite, 3 metri), Crimeea (2,60 metri) și aproape ajuns din urmă de către cele de la Mac Donald (Statele Unite, 2 metri), Iena (2 metri), Saint-Michel din Provența (1,93 metri)

[1] Așa cum se intitulează și cartea pe care i-a consacrat-o în 1936 (n.a.).

etc ? Și parcă U.R.S.S. n-are în construcție o oglindă de aproape 6 metri ? [1]

Toate acestea pentru a obține niște clișee atît de minuscule uneori, încît nu pot fi studiate decît la microscop. Căci, dacă, ațintit asupra unei stele frumoase ca Alfa din Lebăda, telescopul din Proveța superioară dă un spectru care poate atinge, după spusele domnului Fehrenbach, de la ultraviolet la infraroșu, o lungime de 30 de metri, telescopul de la Palomar, dacă este îndreptat asupra unei nebuloase extragalactice îndepărtate, nu furnizează decît un spectru de cel mult cîțiva milimetri... Aceasta ne dă o ideé despre depărtarea relativă a stelelor și galaxiilor și ne face să reflectăm asupra etapei pe care trebuie să ne pregătim s-o înfruntăm dacă mai vrem să alergăm după „capătul" universului...

Capătul universului ? Am spune mai bine : malul oceanului extragalactic. Acesta este oceanul în care ne vom înșira acum sondele. Sarcină extrem de laborioasă dacă ne amintim că distanțele se socotesc aici nu în sute sau în mii, ci în milioane de ani-lumină !

Ținînd cont de abundența spiralelor, putem considera că raza noastră vizuală întîlnește un număr nesfîrșit de asemenea formații, înșirate în linie dreaptă unele după altele [2]. Pentru a înainta către „malul" căutat, cel mai simplu ar fi, în cazul acesta, ca, pornind din Galaxie, să mergem drept înainte din spirală în spirală, asemeni

[1] Telescopul de 6 m din Caucaz este în stadiu avansat de construcție.

[2] Admițînd că termenul „linie dreaptă" ar avea vreun sens la acest volum al universului (v.p. 352) (n.a.).

unui băieţandru care se îndreaptă sărind din piatră în piatră, către malul celălalt al pîrîului.

Şi totuşi, înainte de a ne îmbarca în această călătorie de cursă lungă, aţi vrea poate să notaţi cîteva informaţii despre spirale. Sincer vorbind, aceasta nu prezintă un interes direct pentru proiectul nostru, dar ni s-ar părea totuşi dificil să luăm aceste galaxii drept loc de popas fără să avem despre ele cunoştinţe măcar sumare !

La drept vorbind, să califici nebuloasele extragalactice drept „spirale" înseamnă oarecum să iei partea drept întreg, căci nu toate au o formă atît de caracteristică. În legătură cu forma lor, Hubble propusese, în 1936, o clasificare, care mai este încă în vigoare. El distingea printre galaxii unele *eliptice,* mai mult sau mai puţin turtite, dar dotate întotdeauna cu o simetrie de revoluţie ; unele *neregulate,* făcute din stele şi nebulozităţi aglomerate fără vreo formă definită ; apoi pe cele *spirale,* cu două braţe mai mult sau mai puţin desfăşurate, cele din această clasă fiind, de altfel, majoritatea. Se poate întîmpla ca secvenţa „galaxii neregulate → spirale → eliptice" să corespundă unei adevărate evoluţii în timp ; aceasta este concluzia care pare să rezulte dintr-o descoperire, conform căreia spiralele s-ar compune, în general, din stele tinere, iar galaxiile eliptice ar număra mai ales stele vîrstnice. Dar, aceasta este o problemă pe care nu o vom aborda şi ne vom mulţumi să spunem că, spirale sau nu, toate par animate de o mişcare de rotaţie în jurul axului lor — mişcare care se efectuează în decurs de 200 de milioane de ani, în cazul Galaxiei.

Această mişcare de rotaţie ne permite să le calculăm masa. Cea a Galaxiei noastre echivalează cu de 160 de miliarde de ori cea a Soarelui. Ea este

de două ori mai mare în cazul nebuloasei din Andromeda. Această evaluare surprinde probabil pe cititor, căci pare să rezulte din ea că cetatea noastră stelară este aproape o pitică față de rivala ei din Andromeda. Nu, ea nu este o pitică — un exemplu de galaxie pitică este cea din Dragonul, al cărei diametru nu depășește 4 500 de ani-lumină —, dar, e drept, că sora ei din Andromeda atinge probabil 160.000 de ani-lumină. Și, dacă există galaxii mult mai mici, nu este exclus să existe și unele mult mai mari.

Dar esențialul problemei nu este aici. El poate fi simbolizat printr-o imagine simplă : să ridicăm ochii spre cer și să ne închipuim că raza noastră vizuală se prelungește la infinit ; pînă la ce distanță va întîlni ea galaxii ?

Această întrebare trebuie pusă desigur marilor telescoape și, în special, celui mai puternic dintre ele, telescopul de pe muntele Palomar. Or, răspunsul acestui ciclop este categoric : dacă ținem cont de norii din propria noastră Galaxie, care întunecă vederea și ascund tot ceea ce se află în spatele lor, putem considera că populația de spirale este la fel de deasă la orice distanță. La depărtarea maximă la care poate ajunge, marele instrument fotografiază miriade de nebuloase, populația spațiului fiind la fel de omogenă la 2 miliarde de ani-lumină ca în vecinătatea aglomerării noastre stelare.

Singura remarcă oportună în această privință este următoarea : galaxiile izolate sînt rare ; mai bine de jumătate din ele sînt adunate în grupuri sau în roiuri. Unele dintre acestea nu reunesc decît cîteva unități sau cîteva zeci de unități : este cazul Roiului local, din care fac parte Galaxia, spirala din Andromeda și încă cîteva ; dar, sînt unele

roiuri care grupează mii de galaxii, cum ar fi cel din constelația Fecioarei (distanța : 40 de milioane de ani-lumină), care conține 2 500, sau cel din constelația Părul lui Beranice (250 de milioane de ani-lumină), în care numărăm aproape 11 000.

S-ar putea chiar, după părerea unor astronomi, ca înseși roiurile să fie asociate în superroiuri sau în roiuri de roiuri, ale căror dimensiuni gigantice nu le putem decît bănui. Ar exista astfel o *Metagalaxie* [1] cuprinzînd propriul nostru Roi local și o mulțime de alte roiuri. Acest supersistem colosal ar avea un diametru de ordinul a 10 milioane de ani-lumină și s-ar învîrti în jurul axei sale în 50—200 miliarde de ani.

Se schițează astfel o nouă față a universului, pe care îl concepem, de acum înainte, ca pe un ocean nelimitat, străpuns ici și colo nu numai de petele luminoase ale universurilor-insule dar și de cele ale universurilor-arhipelaguri, ale acestor universuri de universuri.

NEPLĂCUTA AVENTURĂ A CEFEIDELOR

Iată-ne la cea de a cincea escală și, trebuie să recunoaștem, avem nevoie de o doză zdravănă de imaginație vizuală pentru a ne închipui gradul de complexitate la care ajunge aceasta.

Ne închipuim undeva în spațiul intergalactic, la 100-200 de milioane de ani-lumină de Galaxie. Văzută la telescop, aceasta nu mai este decît o luminozitate vagă, mititică, ce se confundă cu luminozitățile vecine. Cine ar ghici, în această palidă licărire, un Soare, pe care o omenire pune —

[1] Prin Metagalaxie se înțelege Universul accesibil cercetării, fără un subînțeles structural sau dinamic.

și pe bună dreptate! — atîta preț și, mai ales, cine ar îndrăzni să-și închipuie, fără să-l pufnească rîsul, importanța pe care și-o dă această omenire însăși? Este rezonabil să presupunem că, în acest roi de roiuri, planetele locuibile se numără cu miliardele, iar populațiile inteligente mișună, mai mult sau mai puțin avansate, mai mult sau mai puțin apropiate de specia noastră umană.

Dar, nu vom aborda nici această problemă a omenirilor posibile, pentru că am spus într-o altă lucrare [1] tot ce putem spune în acest domeniu. Ne vom îndrepta mai degrabă privirea asupra scopului nostru: continuarea călătoriei spre capătul universului — dacă acesta există.

Practic, geodezia spațiilor intergalactice — *galactodezia*, dacă vreți — este, din nefericire, mai puțin simplă decît geodezia... terestră și chiar decît aplicarea ei la stele. În împărăția spiralelor, mijlocul cel mai elementar și cel mai puțin indirect de a măsura distanțele continuă să fie cel inaugurat în 1923 de Hubble: să încercăm să descoperim în nebuloase din ce în ce mai depărtate licărirea din ce în ce mai pricăjită a unei cefeide, să încercăm să evaluăm durata variațiilor strălucirii ei; să-i deducem luminozitatea absolută și să extragem în cele din urmă de aici depărtarea ei.

Prima cefeidă pe care Hubble a detectat-o în nebuloasa Andromeda avea, ne amintim, o perioadă de aproximativ o lună, ceea ce corespundea, după cum s-a considerat, unei luminozități absolute de 7 mii de ori mai mare decît a Soarelui. Ea nu părea totuși decît de mărimea a 18-a. Aceasta a fost de ajuns pentru ca marele astronom să tragă concluzia că era vorba de o distanță de 900 000 de

[1] Pierre Rousseau: *Universul și granițele vieții* (Hachette, 1962) (n.a.).

ani-lumină. Dar detectarea și aprecierea unei licăriri atît de palide era totuși un tur de forță. Tur de forță pe care Hubble l-a repetat nu numai cu galaxia din Andromeda dar și cu cea din constelația Triunghiului și cu alte cîteva mai îndepărtate. Unul sau două milioane de ani-lumină, aceasta i se păru a fi depărtarea maximă la care putea fi folosit acest mijloc de sondaj.

Dacă ne gîndim la sutele de milioane și la miliardele de ani-lumină, despre care vorbesc astăzi astronomii, veți considera, poate, că nu era cine știe ce. Da! Dar sondorii au avut norocul să găsească, acolo unde cefeidele „îi lăsau baltă", alte feluri de stele care să preia ștafeta. Înainte de a le ceda locul, cefeidele au permis etalonarea acestora, așa încît, chiar pînă la maxima depărtare posibilă a sondajelor, tot pe cefeide se bazează eficacitatea lor. Tot așa, valoarea triangulației stabilită de geodezian depinde de exactitatea măsurii sale de bază : dacă această măsură lasă de dorit, eroarea se repercutează asupra întregii triangulații. Astfel, pînă în 1952, cefeidele au format un fel de canava geodezică a universului, pe care se sprijinea superba arhitectură a distanțelor extragalactice.

Am spus : pînă în 1952, fiindcă, în anul acela...

În anul acela, congresul Uniunii Astronomice Internaționale se întrunise la Roma. Ședința de deschidere avusese loc la Capitoliu, în sala Horaților și a Curiaților din palatul Conservatorilor ; congresiștii se plimbaseră prin Forum, fuseseră primiți de papa, apoi se întruniseră în comisii de specialitate. Or, într-o dimineață, o lovitură de teatru se produse la comisia pentru nebuloasele extragalactice. Un astronom de la muntele Palomar, pe nume Walter Baade (1893—1960), s-a ridicat,

a scos o hîrtie din buzunar și a citit un text ce s-ar putea rezuma astfel :

— Dragi colegi, ne-am înșelat : Toate măsurătorile noastre de distanțe, în afara Galaxiei, au fost întemeiate pe cefeide, iar cefeidele ne-au indus în eroare ! Cum le-am utilizat noi, de fapt ? Miss Leavitt și domnul Hubble au găsit că strălucirea lor absolută depindea de perioada lor de variație, ceea ce era foarte bine. Ceea ce nu mai era însă bine, era faptul că s-a evaluat această strălucire în funcție de cea a Soarelui. Or, nu se poate afirma că cutare sursă de lumină este de 1 000 de ori mai puternică decît alta decît dacă li se cunoaște distanța ! În consecință, cum putea Hubble să afirme că cefeida sa din 1923 era de 7 mii de ori mai intensă decît a Soarelui, din moment ce ignora distanța la care se afla aceasta — ba chiar distanța ei o și căuta ? Îmi veți spune că toate cefeidele nu sînt chiar atît de depărtate, unele fiind chiar suficient de apropiate pentru ca să le putem calcula depărtarea cu procedeele fotometrice clasice. Desigur, există cefeide și în roiurile globulare și în Galaxie, și ele au fost folosite pentru a etalona relația dintre perioadă și luminozitate în cazul general. Dar, tocmai aici era greșeala ! Căci cefeidele acelea nu sînt adevărate cefeide. În timp ce adevăratele cefeide au perioade de variație care se exprimă în zile sau săptămîni, pseudocefeidele din Galaxie și din roiurile globulare au perioade care se exprimă în ore ; mai mult, adevăratele cefeide sînt niște stele uriașe, de patru ori mai luminoase decît cele false. Concluzie : confundînd cele două specii, considerîndu-le pe cele adevărate ca fiind de patru ori mai palide decît sînt, am împărțit fără să vrem distanța lor la doi. Am situat la 500.000 de ani-lumină astre care sînt, în realitate,

la un milion de ani-lumină și am apropiat pe nedrept la 750 000 ani-lumină galaxia din Andromeda, care se află la 1 500 000 de ani-lumină... Pe scurt, toate distanțele extragalactice trebuie înmulțite cu doi...

Vă închipuiți ce senzație a stîrnit această comunicare și cu cîtă pasiune s-a încins discuția. De fapt, nu se putea nega : Baade era înarmat cu argumente atît de puternice, încît cei mai neîncrezători erau nevoiți să se încline în fața evidenței. Dar era prima dată cînd un astfel de scandal se întîmpla în astronomie, și umilința era grea... Ca niște oameni care pretindeau să măsoare distanța Soarelui cu o aproximație de 1,1‰ și durata zilei pînă la 1/100 de secundă să se fi înșelat într-atît încît să ia jumătatea drept întreg, trebuie să recunoaștem că întîmplarea era usturătoare.

Cu atît mai usturătoare cu cît dacă ea nu avea nici o repercusiune în interiorul Galaxiei noastre, antrena o cascadă de consecințe în domeniul extragalactic : distanțele spiralelor, diametrul lor, distanța pînă la care ajungeau sondajele, de la Palomar și de pe muntele Wilson, și chiar raza universului teoretic trebuiau dublate ; densitatea spațiului cosmic trebuia împărțită la opt, și constanta expansiunii universului (despre care vom vorbi în curînd) redusă la jumătate... Planul cosmosului trebuia refăcut și cosmologia luată de la început.

Afacerea abia începea, de altfel. Baade nu pusese degetul doar pe un scandal unic, ci pe capătul unei piste pe care ele aveau să se țină lanț. Baade deschisese cutia Pandorei, și nici măcar nu exista vreo speranță în fundul cutiei.

Într-adevăr, nu trecuseră bine nici doi ani, că un alt astronom american, pe nume Allan Sandage

(născut în 1926), cerea, bazîndu-se pe o nouă serie de mărimi stelare obținute printr-o tehnică foto-electrică, o nouă „revizuire sfîșietoare" : vechile distanțe nu trebuiau înmulțite în mod uniform cu doi, ci uneori cu trei, ba chiar cu patru. Astfel, roiul de galaxii din constelația Fecioarei era de trei ori mai îndepărtat decît se crezuse, iar cel din Carul Mare, de patru ori. Dintr-o dată, sora noastră din Andromeda se îndepărta pînă la 1 800 000 de ani-lumină.

Și încă nu era gata. În 1955, alți astronomi, cuprinși de un prurit de umilință, își dădură seama că subapreciaseră mult strălucirea galaxiilor uriașe și cerură o nouă înmulțire cu doi. Resemnați, confrații lor abia terminaseră de făcut corecturile, că un nou cutremur le răsturnă cataloagele. La congresul Solvay din 1958, Sandage se arătă din nou, scuturînd un memoriu revoluționar. El cerea a *n*-a înmulțire cu doi și nu garanta că nu se va ajunge pînă la urmă la o corecție totală de vreo 10.

Aici au ajuns lucrurile în clipa în care s-a scris această carte și ar fi temerar să considerăm ca definitive măsurătorilor de distanță, de diametru, de viteză și de timp despre care va fi vorba acum. Evident, Galaxia însăși rămîne în afară de orice contestație, și putem chiar presupune că nu ne înșelăm radical atunci cînd evaluăm distanța unor obiecte „apropiate", cum ar fi nebuloasa din Andromeda ; dar cînd atacăm spiralele îndepărtate, păzea ! Este mai prudent să considerăm cifrele care le privesc ca pe niște ordine de mărime și să consimțim să nu fim prea nemulțumiți dacă eroarea nu e decît de 100%... La urma urmei, e lăudabil să-ți recunoști greșelile și să-ți calci în picioare propriile straturi cu flori. Mai ales atunci cînd pentru a

măsura aceste lungimi extreme nu dispunem decît de procedee din ce în ce mai aleatorii și din ce în ce mai puțin precise, așa cum vom afla îndată.

DESPRE DIVERSELE MIJLOACE DE SONDAJ EXTRAGALACTIC

Vreți să măsurați un timbru poștal, o monedă veche, depărtarea a două puncte pe hartă ? Luați un dublu decimetru și nu vă veți declara satisfăcuți cu o precizie mai mică de o jumătate de milimetru. La rîndul ei, pentru a face tiparul rochiei ei, soția dumneavoastră pune mîna pe „centimetru", și acesta îi ajunge pe deplin ; în sfîrșit, cînd dumneavoastră vă ocupați de grădină, sînteți și mai puțin exigent : numărați pur și simplu în pași, pe care i-ați etalonat, în prealabil, după centimetrul soției.

La fel și în astronomie, ne resemnăm la măsurători din ce în ce mai grosolane, pe măsură ce distanța crește. Singurul caz în care putem obține un număr cu rigurozitate matematică este cel al stelelor mai apropiate, accesibile unei triangulații directe. Deși precizia relativă este în raport invers cu distanța, putem spune că acest caz se înrudește cu cel al timbrului poștal, măsurat cu o aproximație de o jumătate de milimetru. Din clipa în care recurgem la cefeide, trebuie să ne acomodăm cu o aproximație mult mai mare, iar atunci cînd, pentru a ajunge mai departe, astronomul este obligat să facă apel la niște metode mult mai generale, care au, ele însele, ca punct de plecare cefeidele, trebuie să ne mulțumim cu un ordin din mărime și mai elastic.

Originea tuturor sondajelor extragalactice poate fi văzută fără exagerare în cefeidele din nebuloasa din Andromeda. Ne vom grăbi să avertizăm cititorul că nu poate fi vorba să le zărească cu luneta : numai fotografiile făcute în focarul unor mari instrumente le pot scoate din beznă lor ! Ele permit totuși fixarea distanței acestei galaxii la 2 200 000 ani-lumină (după o lucrare din 1962 a lui Miss Swope de la Palomar).

Pe clișeele aceleiași spirale nu se văd, de altfel, numai punctele negre ale cefeidelor : sînt altele cu o strălucire și mai mare, dar care nu variază. Sînt stele supragigant, mai strălucitoare decît cele ale lui Miss Leavitt, și a căror distanță (2 000 000 ani-lumină, desigur) ne permite să le apreciem strălucirea absolută la mai mult de 200 000 de ori de cea a Soarelui.

Vedeți, deci, cît de prețioase sînt aceste supergigant. Avînd în vedere că în alte galaxii descoperim specimene noi de acest gen și că le cunoaștem strălucirea absolută, e ușor să le deducem distanța. Putem împinge astfel sondajele pînă la spirale aflate la o depărtare de vreo 50 de milioane de ani-lumină. Putem situa roiuri de galaxii, ca cele din Carul Mare și din constelația Fecioarei.

Acest ultim roi se află, vă amintim, la 40 de milioane de ani-lumină. El se află, deci, aproape de limita de accesibilitate a supergigantelor. În consecință, el ar trebui să marcheze limita posibilităților noastre, dacă n-am avea speranța să facem cu el aceeași operație pe care am făcut-o la vremea respectivă cu nebuloasa din Andromeda, grație cefeidelor.

Într-adevăr, recunoaștem dintre miile de galaxii care compun acest roi niște stele care nu sînt nici cefeide, nici supergigant ; sînt niște *supernove*.

Nişte supernove? Să ne amintim că o *nova* este o stea care îşi înmulţeşte strălucirea de pe o zi pe alta cu 100 sau 1 000 în urma unui cataclism nuclear. Se întîmplă, în cazuri mult mai rare, ca acest cataclism să depăşească orice proporţie, iar strălucirea absolută să fie înmulţită încă o dată cu 1 000 sau 10 000. Nova capătă atunci numele de supernova şi devine vizibilă de foarte departe. Astronomii ajung astfel să descopere supernove tocmai pînă în roiul din constelaţia Fecioarei.

Şi dacă sînt în constelaţia Fecioarei, ce înseamnă asta? Pur şi simplu că aceste supernove se află la o distanţă de 40 de milioane de ani-lumină şi că, în consecinţă, li se poate calcula strălucirea absolută : de la 10 milioane la 1 miliard de sori, în funcţie de tipul lor. Vedeţi cu toţii pe dată ce folos se poate trage de aici şi adăugaţi poate :„Ce păcat că această apreciere este atît de vagă, din moment ce, dacă astronomii le-ar cunoaşte strălucirea absolută cu mai multă rigurozitate, ei s-ar putea sprijini pe supernove pentru a evalua distanţa unor roiuri şi mai îndepărtate !“

Tocmai asta remarca şi domnul Charles Bertaud, care este o autoritate în materie : *„Atunci cînd vom cunoaşte mai bine strălucirea absolută a supernovelor, pe tipuri, va fi cît se poate de indicat să folosim aceste stele excepţionale, vizibile de foarte departe, drept indici de distanţă“*.

Aceasta se va întîmpla, desigur, într-un viitor apropiat şi, etalonate după supergigantele roiuri din constelaţia Fecioarei, etalonate, la rîndul lor, după cefeidele din Andromeda, supernovele vor procura, fără îndoială, mijlocul de a continua explorarea ; dar, acest lucru încă nu s-a făcut. Aşa încît, pentru moment, distanţa de 40-50 de mi-

lioane de ani-lumină marchează granița extremă a măsurătorilor noastre extragalactice.

...Ar marca-o, mai bine zis, dacă, în lipsa unei metode precise fondată pe supernove, exploratorii cerului nu s-ar resemna să utilizeze artificii mai hazardate, dar care au avantajul că există. Ce dracu ! Parcă dacă nu am avea dublu decimetru pentru a măsura timbrul, n-am folosi tot atît de bine, așa cum făceau anticii, lungimea degetului mare !

Prelungindu-ne neostenit drumul către capătul universului, am văzut pierzîndu-se în urmă, una cîte una, cefeidele și supergigantele. Dincolo de 50 de milioane de ani-lumină, galaxiile nu ne mai apar decît ca niște licăriri albicioase, confuze și nedistincte, în care trebuie să pierdem orice speranță de a vedea vreodată vreo stea. Ultima noastră resursă este să le aplicăm regula fotometriei : cu cît o galaxie ni se pare mai palidă, cu atît ea este mai departe. Dacă este de patru ori mai palidă decît una situată la 50 de milioane de ani-lumină, înseamnă că este de două ori mai departe, adică la 100 de milioane de ani-lumină.

Veți obiecta că un astfel de raționament este foarte superficial, că o galaxie poate părea mai palidă decît alta, nu pentru că este mai departe, ci pentru că este mai mică ; și apoi, un nor intergalactic poate falsifica măsurătorile într-o anumită direcție și nu în alta. Așa e, și tocmai aceste incertitudini explică îndoiala cu care sînt privite acum toate aprecierile de acest gen. Dar, oricît de incert ar fi, acest ultim criteriu al distanțelor este totuși binevenit... din moment ce nu avem altul mai bun ! În lumea oamenilor, există efectiv uriași și pitici ; Tom Degețelul măsura 57 cm., iar rusul Mahnov, 2,85m ; nimeni nu găsește totuși deplasat să contăm

pe o talie medie de aproximativ 1,65 m ; de ce n-am fi la fel de liberali, cînd este vorba de spirale ?

Hubble, inventatorul acestei metode, a găsit mijlocul de a o folosi pînă la 250 de milioane de ani-lumină. Cifra era şi aşa respectabilă, dar a fost mult mărită de continuatorii marelui astronom ; în primul rînd, fiindcă strălucirea absolută a galaxiilor a putut fi apreciată cu o precizie mai mare ; apoi... fiindcă eroarea comisă în ceea ce priveşte cefeidele a impus înmulţirea tuturor distanţelor cu un factor mergînd de la 2 la 10. În zilele noastre, se poate considera că cele mai mari distanţe obţinute în acest fel sînt de aproape un miliard de ani-lumină.

VITEZA GALAXIILOR NE INDICĂ DEPĂRTAREA LOR

Am scris ceva mai sus un rînd care a putut face pe un cititor avertizat să se încrunte, şi pe care trebuie să-l explicăm acum. Vorbind despre metoda expusă adineaori, care constă în compararea fotometrică a nebuloaselor, am afirmat aproximativ „n-avem alta mai bună".

— Cum, ne va atrage atenţia cititorul, o uitaţi pe cea care decurge din analiza spectrelor şi din aplicarea efectului Doppler-Fizeau ? Oare nu tocmai ea ne permite să mergem cel mai departe în adîncurile intergalactice ?

Bineînţeles că da, şi nu poate fi vorba să trecem sub tăcere un procedeu de măsurare despre care s-a vorbit atîta. Toată problema este, numai, să ştim dacă, pentru calcularea distanţelor, el este mai bun decît cel precedent. La prima vedere, nu s-ar părea, din moment ce el este în funcţie de

un număr numit *constanta lui Hubble,* iar specialiştii discută, încă din 1928, dacă această „constantă" valorează 170 km/sec, 85, 55, 25 sau numai 23. Veţi replica că valoarea cea mai recentă este probabil cea mai bună, şi veţi avea probabil dreptate... Cu condiţia ca sus-numita constantă să fie, într-adevăr, ceea ce se crede, adică o viteză de recesiune... Dar să ne explicăm mai clar.

Pentru a înţelege această explicaţie este necesar, mai întîi, să ne închipuim cum arată spectrul unei nebuloase spirale. Nu avem posibilitatea să reproducem unul în această carte, dar cititorul este rugat să-şi închipuie o imagine îngustă, de cîţiva milimetri lungime, în alb şi negru, desigur. Acest spectru este un amestec al spectrelor miliardelor de stele şi nebulozităţi din care este compusă spirala ; vă închipuiţi, deci, că nu este prea limpede. În realitate nu e limpede deloc şi n-am înţelege nimic din el dacă nu l-am compara cu un spectru cunoscut şi citeţ, cum e cel al Soarelui. Acesta din urmă dă la iveală mii de dungi, mai mult sau mai puţin intense, în funcţie de natura şi abundenţa elementului care le produce. Din nefericire, chiar şi privit la microscop, spectrul unei nebuloase extragalactice nu prezintă nimic asemănător. Distanţele sînt atît de colosale, încît dintre toate dungile numai două pot fi recunoscute în general : cele ale calciului ionizat.

Un astfel de spectru nu ar spune deci nimic astronomilor şi nu ar prezenta vreun interes, dacă nu s-ar observa în el o anomalie : în loc să se găsească la locul lor normal (la limita dintre violet şi ultraviolet), cele două unice dungi sînt decalate, la unele nebuloase, pînă în partea albastră, ba chiar, uneori, pînă în partea verde a spectrului.

Această anomalie în aparență neinsemnată este de fapt tot atît de grăitoare pentru un spectroscopist, cum ar fi pentru o femeie vederea unei trecătoare a cărei rochie ar avea talia la nivelul genunchilor. Spectroscopiștii sînt interesați, dar nu descumpăniți ; ei știu că acesta e un efect Doppler-Fizeau foarte pronunțat, dar foarte clasic. Primul care a explicat acest lucru, în 1912, a fost astrofizicianul american Slipher. În fond, nimic mai natural ! Acest efect fusese de mult observat la stele și fusese aplicat pentru a le afla viteza de îndepărtare sau de apropiere. Lui Slipher i se păru deci absolut legitim să tragă concluzia că galaxiile erau animate și de viteze radiale — adică de viteze care se exercită în funcție de linia de ochire.

Dar, ceea ce nu pare deloc normal, este faptul că, în afară de cîteva cazuri particulare, pe toate spectrele cele două dungi erau deplasate în același sens, către roșu. Cu alte cuvinte, în toate galaxiile mișcarea radială era o mișcare de îndepărtare. Mai mult : nu numai că spiralele fugeau astfel cu toatele dar ele fugeau cu atît mai repede, cu cît erau mai îndepărtate ; o spirală situată la 10 milioane de ani-lumină, de exemplu, se îndepărta cu 1 700 km/sec ; alta, situată la 20 de milioane de ani-lumină, cu 3 400 km/sec ; o a treia, la 30 milioane de ani-lumină, cu 5 100 km/sec. și așa mai departe. Ca și cum universul din jurul Galaxiei ar fi fost împărțit în sfere concentrice, viteza în cadrul fiecăreia dintre ele fiind reglementată : la cutare distanță, viteza obligatorie era v ; la o altă distanță, v' etc. În 1928, Hubble a lămurit legea acestui fenomen ciudat, lege de o simplitate dezarmantă, care se anunța astfel : pentru a afla în km/sec. viteza unei spirale, care se află la n milioane de ani-lumină, este de-ajuns să înmulțim cu n ceea

ce s-a numit de atunci *constanta lui Hubble*, aceasta fiind egală cu 170.

Descoperirea *recesiunii galaxiilor* a stat la originea uneia dintre cele mai prodigioase revoluții care a scuturat vreodată știința. Trebuia să se încerce o explicare a acestei fugi generalizate! Atrași de o asemenea pradă, cosmologii se năpustiră asupra teoriilor lor, matematicienii își acoperiră tabelele cu o mare de ecuații, filozofii jubilară, iar sălașul pașnicei Uranii, cotropit de o mulțime de musafiri entuziaști, răsună de controverse pătimașe.

Se știe ce a ieșit din această învălmășeală : ipoteza *expansiunii universului*, operă a unui matematician belgian, abatele Georges Lemaître (născut în 1894). Acest tînăr profesor de la Universitatea din Louvain s-a dovedit, aproape de pe o zi pe alta, un discipol genial al marelui Einstein, reușind să încadreze recesiunea galaxiilor în relativitatea generală. După părerea lui, nu spiralele se îndepărtau : spațiul însuși se dilata, ducînd cu el nebuloasele încrustate în el.

Au trecut de atunci peste 30 de ani. Abatele, astăzi septuagenar, devenit între timp monseniorul Lemaître, rămîne unul dintre cei mai iluștri continuatori ai lui Einstein. Teoria sa, a universului în expansiune, prelungită cu cea a atomului primitiv, ne apare ca un moment științific căruia ultimele trei decenii nu prea au avut ce-i face. Nu este subiectul nostru să o descriem aici, nici să discutăm dacă este întemeiată sau nu. Vom constata numai că maiestatea-ei nu impune respect tuturor. Mulți astronomi își spun : „Toată această teză revoluționară a unui spațiu curb care s-a dilatat și a unui univers care, la origine, ar fi încăput într-un atom, toată această construcție pe cît de superbă pe atît

de metafizică este construită pe o bază fragilă : recesiunea galaxiilor. Da, deplasarea dungilor spectrale spre roşu este un *fapt* indiscutabil rezultat din observaţie, dar interpretarea lui ca un efect Doppler-Fizeau nu este chiar atît de sigură. Cît despre tot ceea ce s-a dedus de aici..."

Nu, nu vom discuta aici argumentele pro sau contra universului în expansiune. Tîrîtoare umile, cramponate de stricta realitate materială, ne vom mulţumi cu singurul fapt experimental conţinut în această speculaţie grandioasă : decalajul spectral spre roşu. Fie că acest decalaj provine într-adevăr dintr-un efect Doppler-Fizeau, fie că este semnul unei oarecari degenerări a luminii, fie că îl privim ca pe o consecinţă a dilatării universului sau a unei mişcări „de acordeon" a universului, dacă îmi pot permite să spun aşa, faptul brut rămîne. Şi este un fapt, tot atît de neîndoielnic, că acest decalaj este proporţional cu distanţa. Legea publicată în 1928 de Hubble rămîne valabilă, în expresia ei cea mai generală, ba, chiar, domeniul ei de valabilitate a crescut vertiginos. Căci volumul pe care îl explorase Hubble, şi în care legea sa fusese verificată, se oprea la 250 de milioane de ani-lumină, iar acum o aflăm respectată la peste un miliard.

În aceste condiţii, cititorul îşi dă, de îndată, seama ce unealtă preţioasă poate fi această lege în călătoria noastră. Din moment ce decalajul dungilor este proporţional cu distanţa, distanţa este proporţională cu decalajul ; astfel încît este de-ajuns să-l evaluăm pe acesta din urmă (în km/sec.) pentru a afla distanţa. Iată deci un mijloc pentru a sonda din ce în ce mai profund oceanul intergalactic, şi cine ştie ? pentru a ne apropia poate de capătul cerului ! Este de-ajuns ca deplasarea dungilor să

corespundă, de exemplu, unei viteze (reale sau presupuse) de 8 500 km/sec., pentru ca o simplă împărțire cu 170 să furnizeze distanța de 50 de milioane de ani-lumină ; dacă deplasarea corespunde unei viteze de 34 000 km/sec., distanța se prelungește pînă la 200 de milioane de ani-lumină etc. Metoda este practicabilă atîta vreme cît spectrele ne permit să recunoaștem cele două dungi ale calciului ionizat. Nu e întotdeauna ușor, dar, cu telescopul de la Palomar, lucrul rămîne posibil pînă la peste 2 miliarde de ani-lumină.

Nu sîntem chiar atît de departe de granița pe care o căutăm.

A ȘASEA ESCALĂ : LA CAPĂTUL UNIVERSULUI OPTIC

Cel puțin așa speraseră astronomii pînă în 1952. Este anul cînd revizuirea distanțelor extragalactice, care a urmat revelației lui Baade asupra cefeidelor, dăduse o lovitură serioasă legii recesiunii. Dimensiunile universului trebuind să fie dublate, constanta lui Hubble a trebuit modificată la rîndul ei. De la 170 km/sec. ea a scăzut la 85. În 1955, cînd Sandage a trecut, la rîndul lui, la atac, „constanta" a scăzut la 55, apoi, în 1958, la 25 sau 23.

S-ar putea, desigur, ca această constantă *(sic)* să sufere în viitor alte modificări ; în ciuda pățaniilor ei, ea constituie încă de pe acum un mijloc eficace de a calcula depărtarea galaxiilor. Acesta este, de altfel, mijlocul care ne permite, din 1928 încoace, să sondăm cel mai departe. În 1936, cea mai mare distanță măsurată de Humason, la telescopul de 2,54 m de pe muntele Wilson, era cea

a unui roi de galaxii din Carul Mare, care atingea 500 de milioane de ani-lumină ; în 1951, văzînd un alt roi în constelația Hidrei, același Humason ducea distanța maximă pînă la 1 104 milioane, viteza radială corespunzătoare ridicîndu-se la 61 000 km/sec. ...

Încă din acea epocă, astfel de numere păreau greu de depășit, nu că n-ar fi existat nebuloase mai îndepărtate, dar, pur și simplu, pentru că spectrele se reduceau la niște mici mîzgăleli aproape indescifrabile. Într-adevăr, cu cît crește depărtarea, cu atît dungile se decalează mai mult ; avansînd din ce în ce mai mult spre roșu, spectrele își pierd din sensibilitatea fotografică și nu se mai pot obține imagini ale lor decît pozînd 20, 30 de ore, și chiar mai mult ; la durate de expunere atît de exagerate, lumina cerului nocturn, oricît de slabă ar fi, sfîrșește prin a impresiona placa și a voala clișeul. E de înțeles că astronomii s-au apucat să caute dacă n-ar exista vreun alt mijloc de a aprecia decalajul și că, pînă la urmă, l-au găsit.

Sau, mai degrabă, l-a găsit astronomul american William Baum. El a ajuns la concluzia că era inutil să ne mai ambiționăm să obținem din dungile spectrale informații în legătură cu galaxiile din ce în ce mai îndepărtate : dungile dăduseră, explica el, tot ce puteau da, și a încerca să le faci mai citețe însemna să-ți pierzi vremea. Se cuvenea mai degrabă să ne ocupăm de fondul colorat pe care se arătau ele, de acest spectru continuu, făcut din miliarde de spectre stelare, și care se înroșește din ce în ce mai mult pe măsură ce distanța crește.

Cum să evaluezi această înroșire, din moment ce emulsia fotografică îi este insensibilă ? *„Cu ajutorul unei celule fotoelectrice, și a unei serii de filtre colorate,* arătă Baum. *După etalonarea acestor*

filtre, vom putea cunoaşte gradul de înroşire al galaxiilor, aflîndu-le astfel distanţa."

În 1955, Baum şi-a pus la punct „contorul de fotoni", l-a montat pe telescopul de 5 metri de la Palomar şi s-a pus pe treabă. Cîteva luni mai tîrziu, se ivi primul rezultat. Era senzaţional : se descoperise un roi de galaxii, roiul nr. 1448. Viteza lui de recesiune era de aproximativ 120 000 kilometri/secundă şi distanţa de 4 800 milioane de ani-lumină [1].

După cum vom vedea mai tîrziu, această distanţă nu este cea mai considerabilă din cîte au fost obţinute şi ne-am mîngîia cu iluzii primejdioase dacă ne-am închipui că am şi ajuns în apropierea capătului universului ; totuşi, nu mai sîntem prea departe de limita posibilităţilor noastre optice. Că dincolo de aceşti 4 800 de milioane de ani-lumină se găsesc alte nebuloase, faptul este în afară de orice îndoială, dar a închide lumina lor în spectrografe ţine de acum de domeniul acrobaţiei. La cîte miliarde de ani-lumină trebuie să se afle punctele care prăfuiesc cu miile clişeele de la Palomar, strînse unul lîngă altul ca firele de nisip pe plajă ? Şi cum să alegi, în acest furnicar de necrezut, pe cele cîteva care ar consimţi să dea spectre utilizabile ? Degeaba sînt ajutate uriaşele instrumente, cu cîmp teribil de îngust, de telescoape Schmidt, cu cîmp mai larg, care le indică unde să privească, acestea din urmă nu sînt capabile să pătrundă prea departe în aceste spaţii vaste : dar, tocmai aici, din fericire, radioastronomia sare în ajutorul surorii ei mai mari optica.

Iată-ne deci, scumpe cititor, dacă nu la liziera universului, cel puţin la graniţa la care măsurătorile uzuale de distanţă devin imposibile. Cerul

[1] Constanta lui Hubble fiind luată aici egală cu 25 (n.a.).

galaxiilor nu se opreşte aici, dar lumina acestor astre devine atît de slabă, încît nu mai e posibil să-i aplici un examen spectroscopic obişnuit. Sîntem oare departe de capătul cerului ? Am putea afla, se pare, căutînd să vedem dacă populaţia spiralelor se răreşte, asemenea copacilor care se arată din ce în ce mai rari pe măsură ce avansăm progresiv din inima pădurii spre marginea ei, sau asemenea stelelor din Galaxia noastră, care se fac din ce în ce mai rare pe măsură ce ne apropiem de margine. Dar nu este mai uşor să calculezi, din ce în ce mai departe, densitatea populaţiei nebulare, decît să faci să vorbească spectrele acesteia. În primul rînd, pentru că numărarea miliardelor de spirale este o treabă pe cît de lungă pe atît de delicată, cu atît mai mult, cu cît galaxiile mai puţin depărtate le ascund pe celelalte ; apoi, pentru că spaţiul poate foarte bine să nu fie absolut transparent, şi chiar o ceaţă infinitezimală este de-ajuns pentru a masca obiectele cereşti mai îndepărtate.

Ştim că stelele din Galaxia noastră sînt cufundate într-un fel de ceaţă făcută din praf şi gaze, atît de diluată, încît nu reprezintă cu totul decît cîteva grame la 1 000 km/^{3}. Nu e deloc de neconceput ca spaţiul intergalactic să fie şi el poluat cu o ceaţă de acest gen. Densitatea ei trebuie să fie, probabil, şi mai mică, dar atunci cînd se întinde pe miliarde de ani-lumină, materia cea mai fină poate atinge opacitatea plumbului ! De fapt, pe anumite fotografii de la Palomar se văd, iei şi colo, mici pete de materie ce întunecă vederea. La congresul astronomic de la Berkeley, din 1960, sovieticul Ambarţumian nu declara că, aproape sigur, 99/100 din materia universului nu o reprezintă stelele, ci un material extrem de diluat ?

Dacă această ipoteză se dovedește exactă, instrumentul de 5 metri nu trebuie să se afle prea departe de frontiera optică. Cu o oglindă mai mare ca cea de 5,90 metri, care se construiește în Uniunea Sovietică, s-ar mai cîștiga, desigur, puțin teren, dar ceața intergalactică ar constitui, totuși, la o anumită distanță, o perdea de netrecut.

Sondajul optic al universului, sondaj al cărui principiu nu s-a schimbat de la Galileu încoace, își mărturisește, la astfel de distanțe, timiditatea și fragilitatea. Pătrundeți — cel puțin în imaginație — în marea cupolă de pe muntele Palomar ; nu vă lăsați impresionați de strivitoarea masă a instrumentului — acest telescop de 130 de tone, cocoțat la înălțimea unui al 15-lea etaj ; de domul acesta, în care clădirea Teatrului Francez ar încăpea în întregime ; nici de perfecțiunea mecanismului, un motor de 1/12 CP, care face să pivoteze cele 130 de tone cu o mișcare lină și precisă de ceasornic ; nici de calitatea astronomilor care îl deservesc, doi oameni cu totul, care lucrează în tăcere, în noapte, unul la pupitrul de comandă, celălalt suspendat în interiorul tubului. Gîndiți-vă numai că din această monstruoasă mașinărie, din această mulțime de rotițe și accesorii, din această veghe laborioasă, uneori epuizantă, adesea glacială, va ieși un clișeu de cîțiva milimetri, care nu-și va destăinui secretele decît după lungi ore de examen la microscop ; gîndiți-vă că, dacă în timpul expunerii, cineva a frecat neglijent un chibrit, dacă echilibrul termic între cupolă și exterior n-a fost stabilit cu meticulozitate, dacă ghidajul după steaua-reper nu a fost urmat cu o rigoare ireproșabilă, imaginea va fi ratată și toată această muncă a fost inutilă. Și dați-vă seama că

din cauza exigențelor ei, observația optică propriu-zisă este probabil la capătul puterilor, că nu mai trebuie să mai contăm pe ea pentru a merge mult mai departe de 2 miliarde de ani-lumină și că, dacă vrem să ne continuăm expediția la capătul lumii, trebuie, fără doar și poate, să recurgem la un alt vehicul.

Capitolul 6

O VEDERE DE LA CAPĂTUL LUMII

Regiunea Sologne nu s-a schimbat prea mult în ultima jumătate de veac și nici chiar din vremea lui Meaulnes cel Mare. Dacă ne îndepărtăm de frumoasele drumuri rectilinii, pe care gonesc bolizii, iată-ne din nou în veșnicul și tăcutul peisaj, atît de mohorît sub cerul cenușiu de toamnă, cu mesteceni și mărăcini, cu iazuri moarte, peste care plutește o brumă ușoară și, din cînd în cînd, în vreun tufiș, un foșnet rapid : un iepure care o ia la goană, un fazan care își ia zborul. Nu de aici plecase Augustin Meaulnes în căutarea Domeniului misterios ? Nu sînt oare landele acestea, respectate de vremuri, bîntuite de trista stafie a Yvonnei de Galais ? Căci sîntem în apropiere de Nançay, și nici chiar Alain Fournier n-ar observa atît de curînd că, cel puțin pe cîteva hectare, pustiul lui și-a schimbat duhul.

Dar, cîți dintre contemporanii noștri ar observa-o ? Trebuie să fii în cunoștință de cauză, trebuie să lași drumul mare și să te înfunzi în desiș pe calea largă, croită special, pentru a ajunge să zărești, în sfîrșit, aceste ciudate alcătuiri : rîn-

duri de umbrele metalice uriașe, armături ajurate, una prelungă, ca un zid înalt, cealaltă ridicîndu-se spre cer, asemeni unei mese de uriași. Trebuie să iubești știința și să fii în același timp sensibil la poezia lucrurilor pentru a ghici că plăcuța pe care scrie *Stație radioastronomică* înseamnă în realitate : Aici se ascultă glasul cerului.

GLASUL CERULUI

Expresia ar putea fi luată în sensul ei literal, și dacă cei de la Radioobservatorul din Nançay preferă să descifreze mesajul ceresc de pe grafice mai degrabă decît forma lui sonoră, alegerea nu depinde decît de ei. Căci, iată marea noutate : mesajului vizual expediat de astre și primit din totdeauna de oameni se adaugă astăzi un alt mesaj, un mesaj radio, care îl completează pe primul și pe care specialiștii îl interpretează după zigzagurile trasate pe hîrtia care îl înregistrează. Mesaj care, în acest colț din ținutul Sologne, se aude mai tare decît oriunde în lume, atît de tare, încît nu e exclus ca peste cîțiva ani acest neobișnuit observator, zidit în singurătatea sa, să devină un fel de Palomar al radioastronomiei.

Am vorbit de cîteva ori, în această carte, de mesajul astrelor, care se exprimă cu ajutorul undelor electromagnetice. Am aflat că după octava vizuală, utilizată de cînd lumea, astronomii au reușit să detecteze și să citească octava radioelectrică, continuînd, în același timp, descifrarea celorlalte. Am spus totodată, pe scurt, ce ajutor nesperat aducea astronomia undelor de radio venerabilei ei surori mai mari, fiică a luminii.

Ajutor perfect explicabil dacă ne aducem aminte că domeniul radiațiilor optice — de la ultraviolet la infraroșu— se întinde de la 0,3 la 3 microni, adică, corespunde unui raport de lungime de undă egal cu 10, în timp ce domeniul radioelectric utilizabil de la 1 milimetru la 60 de metri, cu alte cuvinte, el corespunde unui raport de lungimi de undă de 60 000. *„Admițînd că într-un domeniu spectral cantitatea de informații culeasă ar fi proporțională cu întinderea domeniului,* spunea savantul radioastronom belgian Raymond Coutrez, *vom vedea că ea este de 6 000 de ori mai mare în radioastronomie.“*

Ajutor explicabil cu atît mai bine, cu cît undele radio pătrund peste tot, necunoscînd nici ziduri, nici nori, nici întuneric. Cu singura condiție ca astrul studiat să se afle deasupra orizontului, un radiotelescop lucrează la fel de bine ziua și noaptea, și nici ploaia, nici zăpada nu-l pot împiedica să-l „vadă“.

Avantaj foarte prețios, desigur! Contraargumentul lui este vîrsta fragedă a acestei tehnici, care nu știe încă să construiască instrumente atît de sensibile ca cele ale rivalei sale optice. Gîndiți-vă, după cum ne amintea domnul Coutrez, că, atunci cînd ochiul omenesc privește o stea de mărimea a șasea, el înmagazinează o putere de ordinul a $1/10^{16}$ watt, ba chiar, cu ajutorul ocularului de la Palomar, $1/10^{27}$ watt. Or, în astronomie, deși puterea uneia dintre sursele radio cele mai strălucitoare (cea a Lebedei A) atinge $22/10^{23}$ watt, radiotelescopul abia o percepe. Puteți judeca ce se întîmplă atunci cînd el abordează stele mai slabe, stele care nu ne trimit mai mult decît o miliardime de miliardime de miliardime de watt!

Ținînd cont de slăbiciunea evidentă a acestor semnale, nu e greu de înțeles de ce e necesară izolarea aparatelor destinate să le primească ! Și înțelegem cît se poate de bine că acestea trebuie să fugă ca de ciumă de orice sursă de paraziți ! Deja, în 1900, înmulțirea tramvaielor în Paris determinase emigrarea stației însărcinate cu studierea magnetismului terestru pînă la Val-Joyeux (la 25 km de Paris) ; în 1937, paraziții ajunseră din urmă această instituție ; altă mutare, de data aceasta în plin codru al Orléans-ului. Dar, puterea capabilă să devieze acul magnetizat era mult mai mare decît cea a unei radiostele ; de aceea, radio-observatorul, a cărui înființare în Franța fusese hotărîtă în urma ultimului război, a fost înălțat în inima mărăcinișurilor din Sologne, departe de orice uzină și la 30 de km de cel mai apropiat oraș important.

Firește că, radioemisia astrală fiind atît de slabă, de anemică, de sfioasă, a fost nevoie pentru a o percepe de construirea unor instrumente uriașe. În lume, cel mai mare dintre toate este cel de la Jodrell Bank[1] (lîngă Manchester, în Anglia), o pîlnie enormă, cu un diametru de 76 de metri, care culege pe secundă o cantitate de energie egală cu o milionime din aceea produsă de o foiță de țigară care cade de la un milimetru.

PENTRU A ASCULTA SFIOSUL GLAS AL STELELOR

De fapt, un telescop, fie el optic sau radioelectric, nu e decît atît : o pîlnie destinată să adune cea mai mare cantitate posibilă de unde cerești,

[1] Actualmente în R.F.G. la Bonn există un radiotelescop parabolic de 100 m diametru.

şi de aceea el este făcut cît mai larg posibil. Diferenţa constă însă într-un punct esenţial : undele pe care le captează un telescop obişnuit au o lungime de undă de numai cîţiva microni, pe cînd cele care ajung la radiotelescop sînt de un milion de ori mai lungi. De aici, necesitatea unor deschideri ce nu se mai cifrează în metri, ci în zeci, ba chiar sute de metri.

E drept că o lungime de undă atît de mare nu mai pretinde ca oglinda să fie şi şlefuită cu precizia celei de la Palomar sau de la Saint-Michel din Provenţa. De fapt, ea poate foarte bine să nu fie şlefuită deloc, ba chiar să nici nu fie de sticlă. În realitate, oglinda unui radiotelescop constă pur şi simplu într-un cerc metalic, pe care este întins un grilaj concav în formă de paraboloid. Ochiurile acestui grilaj sînt tot atît de fine în raport cu undele radio, ca şi grăuntele de sticlă în raport cu undele de lumină. Fiind îndreptată spre radiosursă, această „oglindă" primeşte undele şi le concentrează în focarul ei. Acolo, ele sînt captate de o antenă care, după amplificare, le transmite unui aparat de înregistrare.

Aşadar, în ciuda aparenţelor, un radiotelescop nu ne dă imagini, ci simple grafice. Acestea nu sînt foarte spectaculoase, dar vorbesc totuşi savanţilor aproape la fel de clar ca şi fotografiile. Să ne amintim de acel mare geodezian care pretindea că-şi închipuie mult mai clar poziţia unui punct de pe Pămînt citindu-i coordonatele decît privind o hartă ! Asta nu înseamnă că în ziua în care vom putea obliga undele radioelectrice cereşti să traseze o imagine... Din nefericire, această zi nu se întrezăreşte încă şi, pentru a-l cita din nou pe domnul Coutrez, *„situaţia actuală a instrumentelor în radioastronomie poate fi com-*

parată cu cea care exista în astronomia optică pe vremea lui Galileu."

Sensibilitatea redusă a aparatelor de recepție explică, deci, necesitatea de a le face cît se poate mai mari. De aici și cursa aceasta către gigantism, care a determinat o creștere impresionantă a diametrului oglinzilor. Cele mai mari sînt acum cele de la Sydney (Australia), care măsoară 64 de metri, și de la Jodrell Bank. Să ne închipuim o construcție gigantică, o enormă farfurie dintr-o împletitură de sîrmă, care cîntărește aproape 2 000 de tone și care trebuie, pentru a avea posibilitatea de a ochi orice radioastru, să se miște în toate sensurile, ca un telescop obișnuit ; asta la 90 de metri de sol !

Dar, să ne închipuim, totodată, mecanismul fantastic de complicat pe care îl presupune această pretenție : pentru a evita rupturile sau deformările — căci forma parabolică trebuie păstrată cu o aproximație de maximum un centimetru — singurul mijloc este să consolidăm oglinda și suportul ei, ceea ce însă o face mai expusă la vînt și îngreunează ansamblul. Nu e greu de închipuit că dificultatea devine curînd insurmontabilă și că ea a determinat chiar pe americani să renunțe, în 1962, la radiotelescopul pe care marina începuse să-l construiască la Sugar Grove. Oglinda lui trebuia să măsoare 180 de metri și să cîntărească 20 000 de tone... Inginerii asudaseră din greu pentru a para flexiunea datorată vîntului, temperaturii și diferitelor tensiuni, dar, cînd prețul total al instrumentului ajunse sub ochii secretarului de stat al apărării, acesta explodă și opri construcția. Prețul se cifra la 200 de milioane de dolari, dintre care 96 fuseseră de acum cheltuiți [1].

[1] *Sky and Telescope*, septembrie 1962 (n.a.).

Nu e greu de ghicit ce și-au spus atunci radioastronomii : „Hotărît lucru, este imposibil să construiești radiotelescoape uriașe și mobile : e prea complicat și prea scump ! Să sacrificăm deci mobilitatea și să ne mulțumim cu aparate fixe. Dacă ne înfigem oglinda în pămînt, ea nu va mai trebui să se miște și îi vom putea da orice dimensiune vom dori. Evident, o astfel de oglindă va rămîne veșnic ațintită în aceeași direcție, dar, pe de o parte, nimic nu ne împiedică să-i facem perceptibilă toată felia de cer cuprinsă între zenit și orizont, din direcția aceea reflectînd-o spre radiotelescop cu ajutorul unei oglinzi plane mobile ; pe de altă parte, să nu uităm că mișcarea diurnă va face să defileze zilnic prin fața ei tot cerul."

O oglindă împlîntată în sol ? Ne închipuim o construcție de genul celei de la Porto-Rico : o depresiune muntoasă în formă de căldare, netezită și căptușită cu beton, în așa fel încît să devină o oglindă concavă cu ax vertical, cu un diametru de 300 de metri. Dar nu : se putea face ceva și mai mare. Să ne imaginăm această căldare în formă de paraboloid cu ax vertical, înfiptă adînc în sol, în așa fel încît focarul ei să fie aproape la suprafața pămîntului. Paraboloidul nostru va fi redus la o bandă circulară ușor curbă, care va juca rolul de oglindă, la fel de bine, ca monumentala căldare de la Porto Rico. Avînd ax vertical, această bandă nu va viza decît zenitul, și vom putea chiar să suprimăm o bună parte din ea ; vom putea, de exemplu, să nu păstrăm dintr-o circumferință de 628 de metri, decît o lungime de 140. Acest fragment de oglindă va explora totuși o largă fracțiune de cer dacă, așa cum am explicat mai sus, vom răsfrînge asupra lui o felie cerească întreagă cu ajutorul unei oglinzi plane orientabile.

Acest dispozitiv, pe cît de ingenios, pe atît de economic, a fost aplicat pentru prima dată în 1958 la observatorul sovietic de la Pulkovo. Banda de oglindă formează un arc lung de 140 de metri și înalt de 3 metri. Nu e o oglindă de sticlă : e o oglindă de oțel, făcută din 90 de plăci lustruite, juxtapuse, care pot fi deplasate pentru a viza focarul. Americanii au perfecționat apoi formula. Ei au ridicat la Delaware (Ohio) un instrument asemănător, cu un arc lung de numai 108 metri, dar a cărui suprafață parabolică, înaltă de 21 de metri, era făcută dintr-o simplă plasă metalică. Suprafața colectoare depășea 2 300 metri pătrați ; ea echivala cu cea a unui radiotelescop de tipul Jodrell Banck cu un diametru de 51 de metri, costînd însă de 10 ori mai puțin. Era instrumentul ideal pentru astronomii cu mijloace restrînse, animați de o legitimă ambiție științifică !

„Exact așa cum sîntem noi", își spuseră, în 1957, cei din echipa de la Nançay, condusă de domnul J.-F. Denisse. Și întocmiră planurile unui radiotelescop, care avea să fie cel mai mare din lume, în genul lui.

RADIOASTRONOMII LA LUCRU

Un element neplăcut revine mereu în abundenta literatură ziaristică de elogiere a meritelor marelui radiotelescop de la Nançay : și anume, caracterul de „record" atribuit instrumentului. Un record ? Cum ? Dar ce, Nançay se ocupă de știință sau de sport ? Cînd savanții din întreaga lume caută metodele cele mai eficace pentru a pătrunde tainele universului, este oare indispensabil să recurgem pentru a le califica munca la vocabularul

cicliştilor sau al săritorilor cu prăjina ? Dacă oamenii de ştiinţă n-ar zîmbi la auzul comparaţiei, n-ar fi oare cazul să ne indignăm că nişte manifestări ale întrecerii ştiinţifice pot fi asemănate cu o competiţie care nu pune în joc creierul, ci muşchii ?

Să renunţăm însă, la temerea că, multă vreme încă, pentru mulţi dintre contemporanii noştri, intrarea în funcţiune a unui nou telescop, a unui nou sincroton mai puternic, a unei camere cu bule mai mari va urmări în primul rînd baterea unui record şi va fi considerată exclusiv sub acest raport simplist.

Dacă ne-am mulţumi să judecăm din acest punct de vedere, ne-am putea exprima admiraţia pentru faptul că Franţa reuşeşte cu posibilităţi financiare restrînse să facă lucruri mai mari decît America ; unele spirite maliţioase ar zice poate : fiindcă ea utilizează mai multă materie cenuşie, decît dolari ! Dar, chiar dacă este mai impozant şi mai ieftin decît omologii săi din lume, noul aparat de la Nançay nu dă numai satisfacţii de acest gen ! [1] Graţie lui, omul are posibilitatea să continue prospectarea universului extragalactic, adăugînd miliardelor de ani-lumină alte miliarde.

Dar, să ne aplecăm privirea asupra planului sau a machetei faimosului uriaş din Sologne.

Oglinda concavă măsoară nu o sută sau o sută cincizeci de metri lungime, ci 300, lărgimea lui fiind de 35 de metri. De unde, o suprafaţă receptoare de peste 7 000 de metri pătraţi. Perpendicular pe axa ei, orientată Nord-Sud, se află instalată oglinda plană mobilă, care îi trimite „imaginea" feliei de cer, situată în planul ei meri-

[1] La Porto Rico este în funcţiune un radiotelescop cu oglinda fixă de 300 m diametru.

dian. Cînd spun mobilă, mă refer la faptul că oglinda pivotează în jurul unei balamale orizontale, la 21 de metri de sol. Ea are forma unui dreptunghi cu laturile de 200 × 40 metri. Mobilitatea permite oglinzii mari să vadă tot cerul cuprins între declinațiile de 65° și 22°, adică, între Carul Mare și Sirius. Oglinzile, cea mobilă și cea fixă, se află la 460 de metri una de cealaltă, focarul acesteia din urmă fiind la 280 de metri. În acest focar este instalată antena destinată să culeagă emisia și să o îndrepte spre aparatele receptoare.

Antena este și ea mobilă. „Imaginea" este netă, nu numai în focar, ci și în vecinătatea lui, în interiorul unui unghi de 7° 30′ de fiecare parte a axei. Acest unghi lasă destul loc pentru deplasarea antenei și permite, în consecință, acordarea ei pe lungimi de undă variate. Cărui fapt îi datorează cîmpul de claritate lărgimea sa excepțională ? Faptului că concavitatea oglinzii este în formă de sferă și nu de paraboloid. De fapt, această oglindă imensă, care pare o bucată de zid, exagerat de mare, este o porțiune de sferă — o sferă a cărei rază ar fi de 560 de metri. Această formă geometrică are, nu-i vorbă, micile ei inconveniente, dar, în schimb, ce avantaj ! Acela de a putea, cu un cîmp atît de întins, să urmărească o radiosursă timp de aproape o oră în ciuda mișcării diurne care o antrenează.

Dacă mergeți să vă plimbați prin părțile Nançay-ului, nu vă așteptați să vedeți vasta instalație în totalitatea ei. Din 1959, data deschiderii șantierului, cele două oglinzi nu cresc decît puțin cîte puțin și ansamblul va fi terminat abia în 1964. Astfel că, în momentul în care apare această carte,

reflectorul concav nu măsoară decît 60 de metri (din 300), iar oglinda plană mobilă doar 40 de metri (din 200). Aceste imense edificii metalice, dintre care unul lasă să se ghicească ușoara curbură a suprafeței sale, iar celălalt face să pivoteze în spațiu înaltul lui platou ajurat, reprezintă totuși un spectacol impresionant !

...Ajurat fiindcă, desigur, cele două oglinzi nu sînt făcute din sticlă, ci din grilaj.

Să nu ne închipuim, totuși, că acest grilaj este o plasă metalică, asemenea gardului de la grădina noastră. Fizica ne învață că lungimea undelor captate depinde de lărgimea ochiurilor ; or cum Nançay-ul se pregătește să capteze emisii coborînd pînă la cîțiva zeci de centimetri, ochiurile trebuie să aibă o latură cam de 12 mm. Această precizie ne dă o idee asupra grijii și minuțiozității de care trebuie să dea dovadă muncitorii însărcinați cu instalarea acestora, grijă și minuțiozitate care nu prea mai au nimic comun cu tradițiile onorabilei industrii a construcțiilor de fier...

Ne putem da seama cîte studii au trebuit să efectueze pentru înălțarea unui aparat atît de nou și de dimensiuni atît de neobișnuite oamenii de știință care l-au conceput și inginerii care l-au realizat. Numai împlîntarea celor două reflectoare a cerut o muncă de microgeodezie cu totul deosebită, mai minuțioasă chiar decît cea pe care o presupune construirea unui mare baraj ; în ceea ce privește fixarea armăturii metalice, ne vom da seama de perfecția către care a trebuit să tindă, cînd vom afla că toleranțele erau de cel mult un centimetru. Nu e de mirare că, în total, prețul de cost este de ordinul unui miliard de franci vechi.

Dar, pentru a urmări munca radioastronomilor din Nançay și a cere de la ei mijloace pentru continuarea călătoriei noastre spre capătul universului, nu e nevoie să așteptăm ca radiotelescopul lor să fie terminat. Putem foarte bine să însoțim pe unul dintre ei în cabana construită în focar, acolo unde se găsesc antena și aparatele de comandă și recepție.

Antena este un reflector în formă de farfurioară (sau de umbrelă), de patru metri lărgime, care adună undele trimise de oglinda cea mare și le reexpediază unui *dipol*. De acolo, ele trec în receptor, o superheterodină de o mie de ori mai sensibilă decît un televizor și capabilă să amplifice de mai bine de un milion de ori ; în cele din urmă ele sînt puse să miște o peniță încărcată cu cerneală, care trasează în ritmul de un vîrf de liniuță pe minut o curbă zimțată pe o panglică de hîrtie. Aceasta este concluzia prospecției : fotonii expediați de Soare, de stele, sau de cutare sau cutare obiect ceresc, își sfîrșesc drumul trasînd această înregistrare asemănătoare dinților unui fierăstrău, mesaj codificat, asupra căruia se vor concentra acum astronomii pentru a încerca să-l descifreze.

Așa se prezintă, de exemplu, înregistrarea radioemisiei Soarelui. Am mai spus aici că acest astru radiază unde radioelectrice și nimic nu ni se pare mai normal. Ne amintim că înalta lui temperatură îl face să emită întreaga gamă a vibrațiilor electromagnetice, de la razele γ pînă la undele radio. Observațiile se referă la unde care merg pînă la 10 metri, dar fenomenele legate de activitatea solară prezintă caracterele cele mai vizibile de variabilitate în vecinătatea lungimii de undă de 1,50 metri.

Desigur, același lucru trebuie să fie valabil la stadii diferite pentru toate stelele și este foarte probabil că toate sînt sursa unor emisii asemănătoare celor solare. Cuvîntul „probabil" să nu vă mire : de fapt, nu știm nimic, pentru că stelele sînt prea îndepărtate, iar radioreceptoarele noastre nu sînt suficient de sensibile pentru a putea percepe această emisie.

Ea nu ne-ar fi perceptibilă decît dacă ar fi mult mai intensă și ar emana de la stele mult mai calde, sau, dacă ar fi generată de un gaz în care agitația particulelor ar fi mult mai mare, ceea ce e totuna. Din fericire, căldura nu este singurul fenomen capabil să agite particulele unui gaz : se obține același lucru, de fapt, atunci cînd gazul este supus unui cîmp electric foarte puternic care dezmembrează atomii, îi disociază și scutură totul cu o violență extremă.

Chiar asta se și întîmplă în norii de gaze rarefiate care formează anumite nebuloase galactice, cum ar fi nebuloasa Orion. Radiația radioelectrică pe care o emit ele nu este altceva decît simpla prelungire a radiației lor vizibile, ceea ce înseamnă că aceste unde au aceeași origine termică ca și undele luminoase. Cînd radioastronomii recepționează pe o lungime de undă de ordinul unui centimetru sau al unui decimetru, Galaxia le pare plină de acest soi de radiații. Radiațiile se datoresc în principal hidrogenului în care e scăldată cetatea noastră stelară, hidrogen ionizat și agitat de arzătoarea radiație ultravioletă a stelelor calde. Dar, dacă ei trec pe recepție, pe o lungime de undă de ordinul unui metru, aici e altă poveste...

Dacă vrei să vezi Soarele, trebuie să-ţi dai doar osteneala să întorci capul spre el, pe cînd pentru a vedea lumina, este de-ajuns să deschizi ochii. Această constatare, care este aproape la mintea cocoşului, explică întreaga diferenţă care desparte ceea ce percepe radiotelescopul pe o lungime de undă de cîţiva centimetri, de ceea ce percepe el pe o lungime de undă de cîţiva metri.

Vom sezisa şi mai bine această diferenţă, dacă ne vom aminti de venerabilele receptoare de radio de acum 30 de ani, cu cadrul lor vertical, orientabil : cînd planul acestui cadru trecea prin emiţător, condiţiile de audiţie erau cele mai bune. Făcînd să pivoteze cadrul în jurul axului lui, ajungeai chiar să separi şi să distingi principalele emiţătoare europene.

Cam acelaşi lucru se întîmplă şi în radioastronomie, atunci cînd receptorul este acordat pe o lungime de undă de ordinul metrilor : pe zgomotul de fond general al cerului, reuşim să situăm anumite emiţătoare. Acestea sînt cu atît mai intense cu cît lungimea de undă este mai mare, ba chiar atît de intense, încît atunci cînd lungimea de undă creşte, sfîrşesc prin a domina totul.

La prima vedere, această ciudată proprietate ne surprinde : s-o transpunem în domeniul luminos şi să ne închipuim că o lampă luminează cu atît mai bine cu cît bate mai mult spre roşu ! Lucru absurd, nu-i aşa ? De aceea, cînd radioastronomii au descoperit şi, apoi, reperat aceste *radiosurse* cereşti, ei au presupus că emisia lor nu trebuie să aibă aceeaşi origine cu celelalte. Sovieticul Sklovski a explicat :

„Această emisie nu poate fi, într-adevăr, considerată pur și simplu drept prelungirea unei emisii luminoase; ea nu poate avea o origine termică; fără îndoială că ea provine din mișcări foarte rapide de electroni sub acțiunea unor cîmpuri magnetice. Să numim această emisie «radiație sincrotron», din moment ce e aceeași cu cea care acționează în aparat."

Există deci o diferență fundamentală între o radioemisie ca aceea a Soarelui și aceea a misterioaselor radiosurse. Acestea din urmă nu pot fi calificate altfel decît drept „misterioase", din moment ce este vorba de emițătoare strict localizate avînd un diametru aparent uneori inferior unei secunde de arc de cerc, emițătoare dintre care multe sînt duble, și, totodată, din moment ce, după părerea profesorului Ryle (cum vom vedea mai departe), numărul lor crește o dată cu distanța. Cîte astfel de obiecte cerești cunoaștem acum ? Vreo 2 000, un număr derizoriu, care face să reiasă de la bun început stadiul infantil în care se află încă radioastronomia, în raport cu sora ei mai mare, astronomia optică. Căci, acum o sută de ani Argelander catalogase de-acum peste 300 000 de stele în monumentalul său inventar din *Bonner Durchmusterung*. Fără îndoială că noul radiotelescop de la Nançay nu va întîrzia să dubleze numărul radiosurselor, ba chiar să le înconcească.

Vă întrebați, desigur, ce sînt de fapt aceste radiosurse :

— Din moment ce lansează semnale radio, veți spune dumneavoastră, aceste astre nu pot fi niște fantome imateriale ! Ele trebuie deci să poată fi văzute cu telescoape optice suficient de puternice.

Ei, uite că nu e totdeauna așa. De fapt, cele identificate cu mijloacele optice obișnuite nu sînt decît vreo 40 la număr. Și tocmai aici se complică povestea, căci unele dintre aceste radiosurse țin de galaxia noastră, iar altele nu.

În prima situație, cea a radiosurselor galactice, se află, de exemplu, un emițător situat în constelația Taurului. El a fost detectat printre primele din cauza intensității lui, și poziția lui a putut fi determinată cu exactitate. Ațintind un telescop în această direcție, astronomii au constatat că emițătorul în cauză nu era altul decît o nebuloasă gazoasă binecunoscută zisă a Crabului, din cauză că i se poate găsi, cu multă bunăvoință, o vagă asemănare cu acest crustaceu. Cu asta nu era tot, fiindcă, reperînd o altă radiosursă „strălucitoare" în Cassiopeea, astronomii au descoperit, scormonind cerul cu telescoapele în locul respectiv, tot o nebuloasă palidă, galactică și ea. La fel s-a întîmplat și cu alte cîteva.

Or, toate aceste nebuloase galactice, sedii de radiosurse, sînt resturi ale unor stele supernova, din care nu mai există decît aceste zdrențe de gaz destrămate. Amintiți-vă că fenomenul „supernova" trebuie să fie de mii sau de milioane de ori mai destructiv decît fenomenul „nova", și nu vă mirați, deci, că supernova care a explodat în anul 1054 în constelația Taurului a lăsat acest imens nor luminiscent, care este nebuloasa Crabului, și că nebuloasa radioemițătoare din Cassiopeea datează de la supernova din 1572 observată de Tycho Brahe.

Trebuie oare să generalizăm aceste constatări și să deducem din ele că toate radiosursele sînt niște nebuloase gazoase provenite din dezagregarea unor supernove? După identificarea celor din Taurul,

din Cassiopeea și a încă două sau trei asemănătoare, astronomii erau cît pe ce s-o facă, dar, în 1951, identificarea unei alte radiosurse, cea din constelația Lebedei, a readus în discuție întreaga afacere.

Închipuiți-vă că această radiosursă, la fel de puternică ca și cea din Cassiopeea și pe care telescoapele optice au reușit pînă la urmă s-o descopere, nu era o simplă nebuloasă galactică : era o sursă dublă, situată la o distanță de 700 de milioane de ani-lumină. Lovitură de teatru ! Care va să zică, existau și radiosurse galactice și radiosurse extragalactice. Cum era posibil așa ceva și cum puteau fi deosebite unele de celelalte ?

AM SPART ZIDUL OPTIC

Trebuie să ne oprim o clipă aici pentru a face un bilanț.

După toate istoriile astea cu radiotelescoape și radiosurse, cititorul ne-ar putea reproșa că ne abatem de la subiect, de la călătoria noastră spre capătul universului, și că o luăm razna. Să fie oare nevoie ca autorul să dezmintă această acuzație ? Mai bine să-și aducă aminte cititorul de ultimul nostru capitol : observația optică expira la două miliarde de ani-lumină și ne lăsa în situația de a căuta un alt mijloc pentru a merge mai departe. Și, iată mijlocul : utilizarea radiosurselor, unele din imediata noastră apropiere, altele extragalactice, ne oferă noi posibilități de a continua expediția.

E drept că aici se pune o problemă : există, într-adevăr, radiosurse extragalactice, ca cea din constelația Lebedei, dar cum să le recunoști ?

— Nu-i greu, se va spune poate : n-avem decît să le reperăm optic, apoi să le calculăm distanța, prin metodele fotometrice obișnuite.

Nenorocirea este că lucrul acesta nu e posibil decît rar : numai aproximativ 10% din aceste obiecte cerești au putut fi identificate pînă acum vizual ; pentru celelalte, chiar și cu construcția de la Palomar, fotografia nu arată nimic. Nu că n-ar fi nimic pe cer, în locul acela : trebuie să existe o materie oarecare, din moment ce emite unde ! Numai că această materie nu poate fi ajunsă nici cu cele mai mari instrumente optice de care dispunem. Așa încît, pentru a le calcula distanța, pentru a tria printre ele pe cele galactice și pe cele negalactice, nu avem altă posibilitate decît observația cu radiotelescopul.

Or, independent de poziție, radiotelescopul nu furnizează decît două feluri de informații despre radiosurse : intensitatea și diametrul lor aparent. Din asta, trebuie să extragem ceea ce căutăm.

— De ce, veți spune în continuare, să nu aplicăm aceeași metodă care ne-a servit la pagina 296, pentru a determina distanța galaxiilor îndepărtate ? Am presupus că toate acestea aveau o mărime mijlocie și o strălucire absolut mijlocie ; a fost de ajuns să măsurăm strălucirea lor aparentă pentru a conchide asupra distanței lor.

Am putea, într-adevăr, în principiu, să procedăm astfel în cazul radiosurselor. Am adopta, în primul rînd, postulatul că toate au aproximativ aceeași dimensiune ; am calcula apoi, după observarea diametrului unghiular și a intensității, ceea ce am numi „radio-strălucirea absolută" a radiosursei standard. Confruntarea acestui număr cu intensitatea fiecărei radiosurse în parte ne-ar da, în final, distanța.

Folosirea condiționalului tinde să sublinieze imperfecțiunile unei astfel de metode. În primul rînd, fiindcă slaba intensitate a unei emisii poate să însemne tot atît de bine că emițătorul este îndepărtat, dar puternic, după cum poate să însemne că el este apropiat și slab ! Să nu uităm nici dificultatea de a evalua diametrul unghilar al radioastrelor care au mai puțin de un minut de arc de cerc, adică par mai mici decît o gămălie de ac văzută de la 35 de metri. De fapt, pentru acest gen de cercetare, radiotelescopul trebuie, în general, să cedeze locul unui instrument specializat, *radiointerferometrul,* care are o „putere de separație" mai mare.

Cu toate acestea, măsurarea unei surse extragalactice prin această metodă este o operație foarte discutabilă, și în așteptarea progreselor viitoare, ar fi preferabil să renunțăm deocamdată. Ea nu ne poate da decît, cel mult, o certitudine și o confirmare — ceea ce nu e atît de rău : certitudinea că printre radiosursele extragalactice există într-adevăr unele mai îndepărtate decît galaxiile „vizuale" și confirmarea faptului că avem dreptate să ne bazăm pe ele pentru a ne continua sondajele.

Dovada ? Cea mai mare parte a radiosurselor care nu au fost identificate pînă acum cu astre vizibile au diametre aparente extrem de mici, de ordinul secundelor de arc ; avînd în vedere că acest „diametru radioelectric" este oricum superior „diametrului optic", trebuie să deducem că distanța este fabulos de mare. Să ne gîndim la o radiosursă extragalactică, dintre cele care, după cum știm, nu ating un „radiodiametru" de 12 sesunde, care corespunde unui diametru optic de trei secunde. Dacă emitem ipoteza că ea nu este decît o galaxie de model curent, asta înseamnă că ea

este situată la peste 3 miliarde de ani-lumină! Zidul optic este spart și chiar cu mult!

— Dar, va spune cititorul decepționat, aceasta nu este decît o apreciere din ochi, și regret că radioastronomii nu folosesc procedee mai precise. Cum obțin ei atunci valorile de 5 sau 6 miliarde de ani-lumină pe care presa le-a citat?

Trebuie să mărturisim că, în acest caz, radioastronomul cheamă în ajutor pe confratele său optic. De îndată ce a descoperit o radiosursă, al cărei diametru aparent ar părea să implice o depărtare demnă de atenție, el transmite un mesaj pe muntele Palomar: „Am detectat, semnalează el, o radiosursă de o intensitate ieșită din comun. Ea este atît de puternică, încît trebuie să fie enormă, și, în consecință, reperabilă optic, în ciuda depărtării. Ce-ar fi să ațintiți telescopul vostru cel mare spre ea, adică spre punctul cu ascensiunea dreaptă cutare și declinația cutare [1]... ?"

Chiar așa s-a și întîmplat, acum cîțiva ani, cu descoperirea galaxiei celei mai îndepărtate. Să amintim pe scurt această poveste.

Istoria a început în 1950. Echipa de radioastronomie de la observatorul englezesc de la Cambridge descoperise în constelația Boarului o radiosursă, numărul 295 din catalogul de la Cambridge, a cărei putere părea excepțională. Echipa făcu deci exact ceea ce am spus mai sus: ea a sezisat Palomar-ul, unde astronomul Rudolph Minkovsky s-a grăbit să îndrepte telescopul de cinci metri spre punctul indicat... și n-a găsit nimic.

N-a găsit nimic, fiindcă, în 1950, aparatele de radioastronomie n-aveau nici eficacitatea, nici pu-

[1] Amintim că *ascensiune dreaptă* și *declinație* sînt coordonatele care permit fixarea poziției unui punct pe bolta cerească (n.a.).

terea de selecție pe care o au astăzi și fiindcă poziția dată de Cambridge era prea imprecisă. Minkovsky n-avea decît, veți spune dumneavoastră, să răscolească toată regiunea. Dar o astfel de cercetare ar fi riscat să dureze ani de zile, din moment ce oglinda de cinci metri nu cuprinde mai mult de trei minute de cer, adică o suprafață de mărimea unei batiste de damă, întinsă la o depărtare de 140 de metri. Pentru a prospecta un colț de cer de dimensiunile lunii pline, făcînd de fiecare dată o fotografie, i-ar fi trebuit 142 de clișee ! Fiindcă un astfel de instrument, cu o putere de penetrație și de mărire într-adevăr formidabilă, are în schimb un cîmp extrem de restrîns. E lesne de înțeles că cel mai bun mijloc de a-l folosi este colaborarea cu echipa unui radiotelescop. Aceasta îi dă informația : „căutați pe aici și veți găsi poate ceva". Atunci, îndrumați în direcția cea bună, s-ar putea întîmpla ca astronomul optician să zărească, într-adevăr, obiectul în cîmpul lui. Cu alte cuvinte, radioastronomiei îi revine sarcina de a depista vînatul extragalactic, iar astronomiei tradiționale cea de a pune mîna pe el și de a-l aduce !

Din nenorocire, în sus-pomenita împrejurare, Palomar-ul nu adusese nimic.

Al doilea act al piesei s-a jucat 10 ani mai tîrziu, cortina ridicîndu-se pe un peisaj din California, mai exact, de la Owens Valley, la 412 km de Pasadena. Există acolo un excelent radioobservator, dotat acum cu un interferometru format din doi paraboloizi gemeni, de tipul Jodrell Bank, cu un diametru de 27 de metri. Înarmat, dacă se poate spune așa, cu acești ochelari uriași, un radioastronom australian foarte cunoscut, pe nume Bolton, a reperat din nou radiosursa Cambridge 295. El îi determină coordonatele și le transmise, la rîndul

său, lui Minkovsky. Din nou, acesta își ațintì ochiul de cinci metri asupra punctului desemnat și, de data aceasta, găsi.

Expunînd timp de două ore, el distinse pe clișeu o pată mică și vagă, înconjurată de pete mai palide. Nu putea fi decît o îngrămădire de galaxii, cum avea să ne asigure Minkovsky în iunie al aceluiași an. Se va putea oare obține spectrul acestora și aprecia distanța lor ? Au trebuit pînă la nouă ore de expunere. Pe minuscula imagine, mărită foarte mult, a putut fi identificată o dungă caracteristică. Decalajul ei spre roșu era atît de pronunțat, încît fusese antrenată de la ultraviolet pînă la verde ! Interpretat ca un efect Doppler-Fizeau, un astfel de decalaj corespundea unei viteze de 138 500 km/sec., cifră care, conform legii lui Hubble (constanta fiind considerată egală cu 23), dădea o distanță de șase miliarde de ani-lumină.

A ȘAPTEA ESCALĂ : CERUL RADIOGALAXIILOR

Șase miliarde de ani-lumină : frumos cadou, nu-i așa ? Nu s-ar părea că ar mai putea fi depășit prin aplicarea aceleiași metode ! Căci, dacă cititorul își amintește de toate dificultățile legate de înregistrarea unui spectru la mai puțin de 2 miliarde de ani-lumină, el își poate închipui cu cît trebuie înmulțite aceste dificultăți, atunci cînd distanța este ea însăși înmulțită cu trei...

De la cei 4 800 de milioane de ani-lumină înregistrați optic de Baum, pînă la cele 6 miliarde ai lui Minkovsky, saltul este considerabil, atît de considerabil chiar, încît încetează să mai spună ceva imaginației. Cum să-ți închipui un obiect atît de îndepărtat încît imaginii lui i-au trebuit, nici mai

mult nici mai puțin, decît 60 de milioane de secole pentru a ajunge pînă la noi ? Cînd te gîndești că această imagine, că acest derizoriu grup de luciri datează dinaintea Pămîntului, și dinaintea Soarelui, că ea face să ne întoarcem, în timp, într-un univers în care sistemul solar încă nu se născuse !

Am citit cu toții faimosul roman al lui Wells despre mașina de explorat timpul ; am visat cu toții să luăm loc într-o astfel de mașină pentru a arunca o privire la curtea lui Ludovic al XIV-lea, pe străzile Atenei din vremea lui Pericle, sau pe locul unde se află acum Piața Operei din Paris, atunci cînd pe aici bîntuiau brontozaurii erei Secundare. Ce să mai zicem atunci de vremurile în care ne duce spectrul lui Cambridge 295 ? În comparație, chiar și nebuloasa din Andromeda, a cărei lumină ne parvine în vreo două milioane de ani, ne dă impresia că face parte dintre cunoștințele familiei ! Oricine poate încerca să conceapă, cu ajutorul imaginației, această depărtare de neconceput, dar fiecare își spune : „Ce putere radiantă trebuie să posede acest soi de galaxii pentru ca undele ei să ne fie perceptibile de atît de departe ? Puterea ei depășește, fără îndoială pe cea a oricărei alte îngrămădiri, dacă spectrul ei rămîne totuși lizibil și ne permite să-i descifrăm distanța, în timp ce spectrul roiului numărul 1448, situat la numai 4800 de milioane de ani-lumină, n-a putut fi descifrat decît grație artificiului lui Baum ?“

Pentru ca noi să putem *vedea* un astfel de corp ceresc, pentru ca să-i putem capta semnalele herțiene, intensitatea radiației lui trebuie să fie colosală. Această intensitate nu poate fi încă exprimată prin cifre precise, dar englezul W. Davidson o aprecia în 1961 ca fiind cel puțin de două ori și, probabil, chiar de cinci ori mai mare ca a radio-

sursei din constelația Lebedei. Apreciere a cărei valoare o vom înțelege cînd vom ști că această radiosursă este a treia, în ordinea intensității, din toate radiosursele cunoscute, prima fiind Soarele (din cauza apropierii lui, desigur), iar a doua, vestigiile supernovei din Cassiopeea, despre care s-a vorbit mai sus.

Această radiosursă din constelația Lebedei, descoperită și ea optic, în ciuda faptului că este de mărimea a 18-a reprezintă, după părerea multor astronomi, o pereche de galaxii încălecate, ocupînd între 18 și 30 de secunde de arc de cerc și situate la 700 de milioane de ani-lumină. Faptul că, în ciuda acestei distanțe, intensitatea ei radioelectrică (pe o lungime de undă de trei metri) echivalează aproape cu cea a soarelui ne dă o oarecare idee despre valoarea ei absolută... Ceea ce ne inspiră un respect și o admirație deosebită față de Cambridge 295, pe care Davidson o consideră de două pînă la cinci ori mai puternică.

În ce constau oare asemenea focare ? Sînt galaxii, de obicei adunate în roiuri ; pînă aici, aproape toată lumea este de acord. Dar, o fi oare vorba de galaxii obișnuite, ca a noastră, sau ca cea din Andromeda ? *A priori* acest lucru nu pare cîtuși de puțin verosimil, căci radioemisia acesteia din urmă nu reprezintă decît o milionime din cea care ne parvine din constelația Lebedei. Spectroscopiștii nu găsesc de altfel în Andromeda nici urmă din agitația și excitația îndrăcită care bîntuie în Cambridge 295 și care se trădează prin dungi spectrale neobișnuite.

— Atunci, întrebați dumneavoastră, ce sînt aceste astre ciudate ? Și cum se explică enormul lor debit energetic ?

Trebuie să mărturisim că nu se explică...

Aspectul lor, pe fotografii, dăduse la un moment dat speranța unei explicații. După cum s-a mai spus, cea mai mare parte sînt duble, adică ne fac să ne gîndim la niște galaxii încălecate.

— Ia te uită, domnule, strigară niște astronomi ingenioși ; dar aceste galaxii sînt gata să se cioc-nească ! Chiar dacă stelele lor n-au mare șansă să se tamponeze, întrepătrunderea norilor lor de gaze este suficientă pentru a explica energia astfel degajată. Gîndiți-vă cît de mare trebuie să fie această degajare de energie, dacă diametrul mediu al galaxiilor este de 100 000 de ani-lumină, iar viteza lor relativă de 300 000 km/sec.

Savantul sovietic Sklovsky, pe care l-am mai amintit, evalua, în 1959, această degajare de energie la 5×10^{59} ergi, în cazul radiosursei din constelația Lebedei. Durata ciocnirii fiind apreciată la 10 milioane de ani, aceasta însemna o putere de 2×10^{44} ergi, adică exact cît trebuia pentru a explica puterea radioemisiei.

Ipoteza era seducătoare, trebuie să recunoaștem, și suficient de grandioasă pentru a-i satisface în același timp pe savanți și pe profani. Aceasta însă n-a împiedicat să fie repede părăsită din motive atît experimentale cît și teoretice. Cu ce a fost înlocuită ? La drept vorbind, cu nimic... Pentru a justifica un debit atît de prodigios, s-au evocat reacții între materie și antimaterie, galaxii întregi, ce s-ar fi transformat în radiații, anihilîndu-se, dar presupunerea pare mai degrabă ieșită dintr-un roman decît întemeiată științific. Este, desigur, mai cinstit să mărturisim că misterul nu a fost încă pătruns. Putem totuși să gîndim că pe lîngă specia bunelor și pașnicelor spirale cum sînt a noastră, cea din Andromeda, cea din Triunghi sau cele din roiul local, există în general, specii de galaxii anor-

male, pe care le vom boteza *radiogalaxii*, a căror radiație, de 100 de milioane de ori mai intensă, pare a fi ecoul unor fenomene de neînchipuit care se desfășoară la distanțe nu mai puțin de neînchipuit, către marginile universului.

MARGINILE UNIVERSULUI

Marginile... Cuvîntul a fost scris : am ajuns oare, de data aceasta, la acel faimos „capăt al lumii", spre care înaintăm, șontîc-șontîc, de două capitole încoace ? A șaptea escală ne lasă oare pe acea linie ideală, limită, pe de o parte, a universului întreg și, pe de alta, a vidului, a neantului sau a nu se știe ce ?

Să spunem de la bun început că nu ni se pare.

Să nu credem, într-adevăr, că radiogalaxia Cambridge 295 formează în univers un exemplu unic și că i-am amintit aici povestea pentru că ar deține recordul distanței — ca să folosim și noi limbajul sportivilor ! Nu : dacă ne-am întins cu vorba asupra acestui caz e pentru că această radiogalaxie este cea mai îndepărtată dintre cele a căror distanță *a putut fi măsurată*. De fapt, trebuie să fie multe altele la fel de îndepărtate, sau chiar mai îndepărtate, dar pentru care Palomar-ul n-a putut furniza un spectru utilizabil. Minkovski calcula în 1960 că există o radiogalaxie avînd aceeași intensitate absolută ca cea din Lebăda în volum de 10^{28} ani-lumină cubi, astfel încît, în sfera universului observabil cu luneta de cinci metri de la Palomar, ar exista 40 de exemplare de acest fel. Iar Ryle adăuga, declarînd că radiointerferometrul lui de la Cambridge descoperă alte radiosurse, și mai slabe,

decît cele din constelația Boarului, că trebuia pierdută orice speranță de a le fotografia vreodată.

— Înseamnă — veți întreba — că trebuie să pierdem totodată orice speranță de a le afla distanța ?

Lucrul nu e sigur și realizarea marelui radiotelescop de la Nançay deschide, în această direcție, o fereastră promițătoare. Cum ? Pur și simplu procurîndu-ne mijlocul de a măsura decalajul datorat efectului Doppler-Fizeau, nu asupra dungilor optice ale spectrelor, ci asupra dungilor radioelectrice.

Linii radioelectrice ?

Da, desigur : din moment ce gama undelor herțiene nu este decît o prelungire a gamei undelor luminoase, pentru ce prima nu ar prezenta dungi ca și a doua ? Vaporizarea unui grăunte de sare într-o flacără de alcool dă naștere unui jet de unde cu o lungime de 0,589 de micron, care face să apară spectrul de emisie al sodiului sub aspectul unei frumoase lumini galbene ; stîrnit cu descărcări electrice, hidrogenul la presiune mică dă naștere la 4 dungi principiale, ale căror lungimi de undă merg de la 0,656 la 0,410 de micron și care constituie spectrul de emisie al hidrogenului etc. Nu e oare verosimil ca provocate într-un anumit fel aceste corpuri, sau altele, să genereze și unde mai lungi, situate, nu în octava luminoasă, ci în cea radioelectrică ?

Acest lucru este nu numai verosimil, ci chiar real. Experiența verifică într-adevăr existența unor dungi radioelectrice de emisie. Cum se manifestă ele ? Pur și simplu printr-o întărire a semnalelor radio, care devin mai intense atunci cînd receptorul este acordat pe lungimea de undă a unei dungi.

Trebuie să spunem, de altfel, că pluralul nu se potrivește aici. Fiind vorba de dungi de emisie,

s-ar cădea să scriem „linie" la singular. Asta fiindcă naturii îi este mult mai greu să producă o rază herţiană decît o rază optică ; în consecinţă, domeniul undelor de radio este mult mai sărac decît cel al undelor de lumină. De fapt, pentru a provoca o dungă de acest fel ne trebuie nici mai mult nici mai puţin decît elementul chimic cel mai important din univers, hidrogenul. Aceasta înseamnă că, pînă la ora actuală, nu cunoaştem decît o singură dungă radioelectrică, cea a hidrogenului atomic, cu o lungime de undă de 21 de centimetri.

Radiospectroscopiştii nu au, deci, nevoie să-şi spargă capul, aşa cum fac confraţii lor „optici", pentru a descurca un morman de linii spectrale şi a le întocmi catalogul. Dar, această simplă şi unică linie, care constituie, dacă se poate spune aşa, moşia lor le este poate mai instructivă decît sutele de dungi luminoase [1] ! Aceasta, pentru că ea ne permite să urmărim hidrogenul prin univers ; ea este într-un fel mirosul după care reperăm nu numai prezenţa, dar şi masa, densitatea şi conturul norilor de hidrogen. Dacă n-am depăşi astfel cadrul subiectului nostru, am avea aici ocazia să expunem descoperirile pe care această dungă le-a făcut de pe acum posibile în legătură cu Galaxia, al cărei nucleu a putut fi sondat graţie ei, şi căreia i-au putut fi desenate astfel spirele.

În ceea ce ne priveşte însă, ghiciţi, desigur, la ce ne poate servi linia 21 : din moment ce radiogalaxiile sînt perceptibile mult mai departe decît galaxiile optice, să le culegem emisia, să reperăm în ea faimoasa linie şi să căutăm să relevăm un

[1] În ultimul timp s-au descoperit linii spectrale a numeroşi compuşi moleculari : OH, H_2O, H_3, H_2OC, H_2C_2O etc., care au dovedit că mulţi compuşi organici au fost sintetizaţi abiogen în cosmos.

efect Doppler-Fizeau : vom cunoaşte astfel depărtarea lor.

Din nefericire, nu merge ! Se observă, într-adevăr, un uşor decalaj pe dunga cîtorva spirale dintre cele mai apropiate — cum ar fi cea din Andromeda, din Triunghi, din Cîini de vînătoare, adică pînă la vreo 10 milioane de ani-lumină —, dar la celelalte, la cele pentru care acest fenomen ar fi cel mai interesant, nu se observă nimic în sensul ăsta. Eşecul nu poate fi imputat decît slăbiciunii aparatelor noastre de detectare şi stării încă infantile a radiospectroscopiei. Este, desigur, un eşec cu totul provizoriu, ce va fi remediat graţie progreselor viitoare. Fără îndoială că, atunci cînd specialiştii vor putea utiliza instrumente mai puternice, ei vor descoperi linia 21 la peste 6 miliarde de ani-lumină.

Trebuie să adăugăm că acesta este şi unul dintre obiectivele noului radiotelescop de la Nançay. El va trebui să preia ştafeta în această cursă spre capătul lumii şi să ne spună ce percepe acolo, la limitele universului cognoscibil !

A OPTA ESCALĂ : LA GRANIŢA RADIOUNIVERSULUI

...Ceea ce va determina poate pe cititor să pună următoarea întrebare :

— Vorbiţi despre limitele universului — ale universului radiogalaxiilor, se înţelege, — dar unde sînt aceste limite ? Aţi mai vorbit, la pagina 302, de problema graniţei optice, dar unde se află graniţa herţiană ? Cu alte cuvinte, pînă la ce distanţă poate radiotelescopul să înregistreze radiosursele ?

Autorul va răspunde că problema nu e rezolvată din moment ce aşteptăm, încă, o metodă care

să ne permită să măsurăm aceste distanţe excesive ; dar, pe de altă parte, am putea compara puterea radioelectrică a radiogalaxiilor, aşa cum comparăm puterea luminoasă a galaxiilor optice : cu cît obiectul este mai depărtat, cu atît puterea recepţionată este mai slabă. Este semnificativ de notat, în trecere, că dacă fluxul herţian primit de la Soare este de $1/10^{22}$ watt pe metru pătrat, iar cel primit de la întreaga Galaxie este de $1/10^{21}$, fluxul recepţionat de la galaxia Lebăda scade la $22/10^{28}$, iar cel al radiogalaxiilor celor mai slabe, dintre cele perceptibile, la $2/10^{27}$. Această valoare va scădea, evident, considerabil, prin utilizarea radiotelescopului din Sologne.

Or, confruntarea diferitelor numere, întreprinsă de celebrul radioastronom britanic Martin Ryle (născut în 1918), nu dă rezultate foarte concludente. Se poate spune chiar că aceste rezultate se lovesc de neîncrederea tenace a celorlalţi specialişti din cauza slăbiciunii calitative şi cantitative a observaţiilor.

Acest procedeu va fi, probabil, folosit într-o bună zi, cu mai mult folos şi succes, dar deocamdată problema frontierei radioelectrice rămîne în suspensie.

Cu toate acestea, radioastronomii nu sînt cu totul lipsiţi de informaţii pe această temă. Un lucru este să ştii dacă există sau nu o graniţă, şi alt lucru este să-i calculezi distanţa în cazul cînd frontiera există. Fie că sînteţi la 50 sau la 500 de km. de graniţa ţării dumneavoastră, ştiţi totuşi că ea este însemnată cu o linie foarte concretă, fie şi numai prin vameşii care o mărginesc ! Cam în acelaşi fel ni s-a arătat în capitolul precedent hotarul universului optic. Nu exista nici un vameş de strajă, dar linia de demarcaţie era însemnată de un fapt concret : *înainte* de hotar, te-

lescopul de la Palomar furnizează spectre descifrabile ; mai departe, nu.

Este vorba de hotarul universului nostru optic, repetăm, și nu de cea a universului însuși ! Căci, urmărind mulțimea de galaxii pe clișeele cu expunere lungă și știind că cele mai palide dintre acestea sălășluiesc la 2, 4, 6 miliarde de ani-lumină, sau chiar la mai mult, am conchis că și la granița optică populația lor rămînea la fel de înghesuită și de densă, și că, în consecință, trebuie să fim încă departe de capătul universului.

„Da ne-am gîndit noi, nu vedem mai departe de 6 miliarde de ani-lumină, dar știm totuși că, dincolo, lumea galaxiilor continuă." Acest lucru ne-a fost confirmat de radioastronomie, care ne-a relevat, laolaltă cu galaxiile „normale", radiogalaxii perceptibile de la distanțe mult mai mari.

Dar iată că, după frontiera optică, ajungem acum la cea radioelectrică, acolo unde radiogalaxiile înseși încetează să mai apară pe înregistrări, și ni se pune aceeași întrebare : populația de radiogalaxii — și, în consecință, de galaxii — se rarefiază ea oare, aici, efectiv, și ne apropiem, astfel, de limitele cosmosului ? Sau nu este vorba decît de o iluzie, datorită puterii insuficiente a instrumentelor noastre actuale ? La această întrebare putem încerca să răspundem, ca adineauri, printr-un recensămînt al radiogalaxiilor în apropierea „frontierei radio" : oare densitatea populației lor se menține, indiferent de distanță, sau ea dă la un moment dat semne de epuizare ?

Tot profesorul Ryle de la marele radiointerferometru de la Cambridge și-a luat, în 1955, sarcina acestei anchete. El a comunicat, în 1961, la congresul de la Berkeley, rezultatele obținute, rezultate care ar fi făcut să sară în sus pe toți

astronomii, dacă ei nu le-ar fi aflat dinainte. Chiar și dumneata, cititorule, nu-ți vei ascunde stupefacția : Ryle anunță că populația radiogalaxiilor nu se micșorează și nici nu stagnează, că, dimpotrivă, ea crește. După părerea savantului englez, cu cît sondăm mai departe, cu atît mai numeroase sînt radiogalaxiile și, în consecință, cu atît mai multe sînt galaxiile obișnuite.

Trebuie să recunoaștem că este o concluzie neașteptată, care i-a luat pe nepregătite pe astronomi, pe cosmologi... și pe profani. Oricine s-ar fi așteptat, instinctiv, ca populația spiralelor să se rărească progresiv, asemeni copacilor unei păduri la marginea acesteia, sau asemeni stelelor Galaxiei, cînd ne îndepărtăm de planul ei principal. Dar natura se sinchisește prea puțin de intuițiile noastre și un fenomen care nouă ni se pare inexplicabil și ne stîrnește mirarea este, pentru ea, cel mai simplu din lume.

În fața acestor obiecte cerești din ce în ce mai înghesuite pe măsură ce crește distanța, ne întrebăm ce înseamnă aceasta și ne punem mintea la chin. Să fim noi oare nu în inima pădurii de spirale, așa cum credeam, ci undeva pe la marginea ei ? Regiunile, din ce în ce mai dense, pe care le zărește domnul Ryle, n-or fi chiar în inima acesteia ? Dar nu : pădurea radiogalaxiilor se îndesește în straturi concentrice de jur împrejurul nostru — ceea ce nu ne dă, de altfel, nici un drept de a reveni la galactocentrism, din moment ce, după cum spunea Pascal, universul se dovedește a fi astfel ca o sferă infinită al cărei centru se află peste tot iar circomferința nicăieri.

Atunci, cum să înțelegem această repartizare uimitoare ?

În loc să căutăm, să privim mai bine imaginea care ne vine din aceste regiuni : avem răspunsul în fața ochilor.

E de ajuns să ne gîndim că această imagine datează de miliarde de ani — 6 miliarde în cazul radiogalaxiei din Boar. Comparînd-o cu cea a Roiului nostru local, care nu datează „decît" de cîteva milioane de ani (adică de ieri !), deducem că, acum 6 miliarde de ani, densitatea populației galactice a universului era mult mai mare decît în zilele noastre. Că ea a scăzut, deci, de-a lungul vremurilor, ceea ce înseamnă, probabil, că în decursul acestor miliarde de ani materia din univers a fost, puțin cîte puțin, repartizată într-un volum din ce în ce mai mare și că, în consecință, universul s-a dilatat. Ajungem aici la celebra ipoteză a universului în expansiune, întrezărită de noi la pagina 300.

Această teorie nu privește decît indirect ancheta noastră, dar sîntem, totuși, nevoiți să constatăm că cine recunoaște valabilitatea numărătorilor lui Ryle este aproape obligat să admită evoluția universului de la o stare mai densă spre una mai puțin densă. Aceste numărători sînt oare valabile ? Desigur, pînă la informații mai ample. Ele vor fi poate modificate într-o bună zi ; pînă atunci este, pur și simplu, în mod obiectiv necesar să le privim drept fondate.

În aceste condiții, dacă, într-adevăr, cosmosul se extinde din ce în ce mai mult, înlănțuirea logică a raționamentului ne duce la ideea că, revenind înapoi în timp, el a fost din ce în ce mai mic ; la limită — la început, spune abatele Lemaître — el trebuie să fi încăput într-un spațiu minim (dacă ne permiteți să folosim o figură de stil : într-un atom) avînd, deci, maxima lui densitate.

— Teorii, metafizică pură ! Vor striga unii cu nerăbdare. Rămîneți, vă rugăm, pe terenul faptelor.

Păi, nu faptele rezultate din observații ne-au adus, aș zice, de mînă, pînă în aceste locuri suspecte, unde știința pozitivă se transformă în filozofie ?

...Doar dacă faptele rezultate din observație, înregistrate de domnul Ryle ar fi interpretate, așa cum s-a făcut, drept indiciul unei evoluții de la o stare mai densă spre una mai puțin densă ; doar dacă nu substituim acestei idei a unui univers în evoluție pe cea a unui univers staționar, interpretînd astfel faptele și ajutîndu-le puțin. Atitudinea de spirit care explică acel „este aproape obligat" scris cu patru paragrafe mai sus !

Este, într-adevăr, foarte ușor să scăpăm de concluzia unui univers în evoluție, pornit de la o rază minimă : presupunem fie că el se dilată pînă la un anumit maximum, și apoi se contractă pentru a reveni la starea sa inițială ; fie că materia se creează, fără încetare, în așa fel, încît densitatea medie rămîne constantă. Prima soluție, cea a universului care pulsează (sau a universului-acordeon), a fost propusă încă din 1922 de către matematicianul rus Alexandre Friedmann (1888-1925), apoi reluată de americanul Richard Tolman (1881-1948) ; cea de a doua, cea a creației continue (sau a universului staționar), a fost emisă în ultimii ani de astronomul englez Fred Hoyle (născut în 1915), pe bazele înălțate de compatrioții săi Bondi și Gold. Mai e oare util să precizăm că nici una nici alta nu par satisfăcătoare majorității specialiștilor și că, pînă la proba contrarie, plini de

respect pentru fapte, aceştia rămîn la teza unui univers în expansiune şi în evoluţie ? [1]

Oricum ar fi, concluzia enunţată de Martin Ryle nu ne satisface pe noi : n-am aflat nimic în plus despre frontiera radioelectrică. Din moment ce nu avem nici un mijloc pentru a măsura distanţa radiogalaxiilor celor mai îndepărtate, nu putem decît să bănuim depărtarea fantastică a celor care nu lasă pe grafice decît nişte virguliţe neînsemnate.

Tot ce putem spune e că populaţia radiogalaxiilor, din ce în ce mai abundentă o dată cu creşterea distanţei, se prelungeşte dincolo de pragul sensibilităţii radiotelescoapelor. Pe undeva pe acolo, la o distanţă încă necunoscută, trece frontiera radioelectrică.

E drept că îmi veţi obiecta poate :

— De ce credeţi neapărat că există o frontieră radioelectrică ? Chiar dacă spaţiul cosmic nu este absolut transparent, ştim că undele herţiene nu se sinchisesc de brumele şi de pulberile ce le-ar sta în cale. Atunci, dacă vom construi radiotelescoape din ce în ce mai puternice şi din ce în ce mai sensibile, înseamnă că vom descoperi, fără a ne opri vreodată, radiogalaxii din ce în ce mai îndepărtate ; înseamnă că ceea ce numiţi „frontiera radioelectrică" va fi veşnic împinsă mai departe. Radioastronomii nu se vor opri, deci, decît atunci cînd vor ajunge la hotarele universului însuşi — dacă are.

Cîtuşi de puţin. Chiar dacă savanţii vor inventa radiotelescoape care să meargă pînă la 10 sau 12 miliarde de ani-lumină, chiar dacă semnalele radio,

[1] În anul 1965 s-a descoperit radioradiaţia centimetrică de 3°K considerată ca reminiscenţa exploziei iniţiale, cînd Universul era limitat la o mică întindere şi materia avea o temperatură de zeci de milioane de grade.

emise de surse atît de îndepărtate, nu vor fi absorbite într-o călătorie de 100 milioane de secole, este inevitabil ca, pe un astfel de traseu, ele să fie dispersate și progresiv stinse. Să ne gîndim numai că, asemeni unui fascicul luminos, un fascicul de unde herțiene se lățește pe drum proporțional cu pătratul distanței, și să nu uităm, în consecință, că o radiosursă situată la 12 miliarde de ani-lumină trebuie să pară, din cauza asta, de patru ori mai slabă cel puțin) decît cea din constelația Boarului care, situată fiind la 6 miliarde de ani-lumină, este abia perceptibilă...

— Ce importanță are ! va riposta cititorul nostru cu încăpățînare. Ce importanță are că ea este abia perceptibilă, dacă este ! Fizicienii de mîine vor ști, ei, cum să amplifice fluxul herțian și să-l facă să vorbească ! Judecați dacă merită oare osteneala, din moment ce, studiind niște unde atît de vechi, ei vor afla cronica începutului lumii, a epocii în care universul, cu galaxiile și stelele lui viitoare, cu viitoarele lui omeniri, abia ieșea din gogoașa primitivă !

De data aceasta, cel care ne contrazice are dreptate. Evident, radiotelescoapele sînt departe de a-și fi atins puterea și penetrația maximă. Ne aducem aminte că radioastronomia actuală a fost comparată mai sus cu astronomia optică din vremea lui Argelander sau Galileu ; dar Hale-ii radioastronomiei nu vor fi probabil în măsură să-și construiască uriașele lor instrumente decît atunci cînd astronautica le va permite să construiască în spațiu niște oglinzi de zeci de kilometri pătrați ! Cine poate spune dacă ele nu vor atinge atunci distanțe de 10-12 miliarde de ani-lumină ? Cine ne poate asigura că nu vom capta mesaje expediate pe vre-

mea creării materiei (?) și care, încă din acea vreme, gonesc prin spațiul în continuă dilatare ?

Numai că, atunci cînd radioastronomii viitorului vor ajunge aici, nu va mai putea fi vorba să meargă mai departe. Frontiera universului cognoscibil va fi la doi pași. Și reduse definitiv la neputință, radiotelescoapele cele mai impozante vor trebui să se oprească, asemenea privirii unui vecin indiscret, în fața unui zid.

ZIDUL DE LA CAPĂTUL LUMII

Într-o zi, pe vremea cînd *Revue des Deux-Mondes* strălucea în toată splendoarea ei, Buloz, directorul, a primit vizita unui tînăr scriitor care îi prezentă un manuscris voluminos.

— Ce-i asta ? întrebă Buloz.

— E un articol de filozofie pe care l-am întocmit cu toată grija, răspunse autorul.

— Despre ce ?

— Despre Dumnezeu.

— Nu-i un subiect actual, răspunse directorul.

S-ar putea spune același lucru despre subiectul nostru. Domnul Fitecine ar fi îndreptățit să considere teribil de inactuală munca celor care caută ce se ascunde dincolo de 6 miliarde de ani-lumină sau un eveniment care trebuie să fi avut loc acum 100-150 de milioane de secole ; dar așa sînt savanții : ei se cramponează de acest gen de cercetări cu mai multă ardoare, dacă se poate, decît de realizările astronauticii... Și dacă e adevărat că știința pură este cel mai mare lucru pe care l-a produs omul, nu putem decît să-i dăm dreptate, cu maximum de entuziasm.

Deocamdată sîntem în plin roman foileton. Povestea pe care o istorisim seamănă cu cea a spionului care minase maşina nobilului ofiţer, în aşa fel, încît să i se întîmple o nenorocire exact în clipa în care indicatorul de viteză avea să arate 120 km/h.

În ceea ce ne priveşte pe noi, care înregistrăm viteza unor spirale din ce în ce mai îndepărtate, notăm numere ca cele ce urmează : [1]

radiosursă	distanţă	viteză
roiul nr. 1448 (Baum)	1800 de milioane de A.L.	120 000 km/sec
roiul C—295 (Minkovski)	6000 de milioane de A.L.	138 000 km/sec.

Nu ne e greu să calculăm că, atunci cînd distanţa va atinge 12 miliarde de ani-lumină, viteza se va ridica exact la 300 000 km/sec, adică la cea a luminii. Şi ne întrebăm : ce se va întîmpla cînd indicatorul va arăta această cifră fatidică ?

Răspunsul nu cere nici o tortură cerebrală. Este cel pe care l-aţi da dacă vi s-ar pune următoarea problemă : o maşină se îndepărtează de dumnea-

[1] În anul 1962 au fost descoperiţi *quasarii*, radio surse cu aspect punctual, stelar, puternice emiţătoare de radio unde, înfăţişînd în spectre mari deplasări ale liniilor spre roşu. După majoritatea astronomilor, aceste deplasări spre roşu sînt provocate de „expansiunea Universului" şi quasarii sînt obiecte cosmologice, extragalactice. Cea mai mare deplasare spre roşu observată este $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = 2{,}6$ corespunzînd unei viteze de îndepărtare — calculată relativist — de peste 80% din viteza luminii. Astfel de corpuri s-ar afla la 8—10 miliarde ani-lumină şi ar duce graniţa Universului observabil la aceste limite. Radiaţia radio centimetrică izotropă de 3° K ar fi şi mai veche, avînd originea cu puţin după începutul expansiunii.

voastră cu 100 de km/h ; în mașină s-a urcat un băiețel cu o praștie care aruncă în dumneavoastră cu pietre ; acestea fac 28 m/sec ; după cîtă vreme vă vor atinge ?

Răspuns : ele nu vă vor atinge *niciodată*, fiindcă mașina merge în sens invers cu o viteză de 28 m/sec.

La fel se întîmplă și cu fotonii lansați de o galaxie care s-ar îndepărta de noi în linie dreaptă cu 300 000 km/sec : lumina ei nu ne-ar ajunge niciodată. Literatură științifico-fantastică ? Vis *à la* Wells ? Nu ; fraza scrisă mai sus la condițional ar putea fi pusă fără inconveninet la indicativul prezent : să ne amintim de părerea profesorului Ryle, expusă la pagina 334, după care înregistrările de radiosurse extragalactice lasă să se ghicească prezența, în fundal, a unei mulțimi de radiogalaxii și mai îndepărtate decît cea din constelația Boarul. Nu încape îndoială că există unele a căror distanță se ridică la 8-10 miliarde de ani-lumină, adică foarte aproape de limită. Astfel încît ne putem reprezenta de jur împrejurul nostru universul închis într-o sferă cu raza de 12 miliarde de ani-lumină ; tot ceea ce se află în interiorul ei este perceptibil grație fotonilor (fotoni de lumină sau de radio) ; tot ceea ce este în afară se îndepărtează de noi cu cel puțin 300 000 km/sec. și este, în consecință, incognoscibil pentru noi.

Putem adăuga fără șovăială : în vecii vecilor, căci omul nu poate spera să acționeze asupra acelor galaxii pentru a face ca fotonii lor să meargă mai puțin repede !

E un spectacol ciudat să-ți închipui cum în interiorul sferei toate nebuloasele se grăbesc spre periferie cu o viteză din ce în ce mai mare, pe măsură ce se apropie de margine. În fiecare clipă, cîteva

sar pragul, şi gata ! imaginea lor se stinge instantaneu, de parcă am fi răsucit un comutator. Lucru pe care „noi" nu-l vom observa, desigur, decît după 12 miliarde de ani.

Multe spirale trebuie să fi trecut, astfel, pragul, de la începutul extinderii universului, ieşind din domeniul observabil pentru noi şi devenind pe veci incognoscibile. „O ! cîte roiuri, cîte galaxii topitu-s-au în această zare mohorîtă !" s-ar putea tîngui poetul (!). Sfera universului observabil de către noi sărăceşte deci din ce în ce mai mult. Există astăzi mai puţine nebuloase vizibile decît pe vremea pitecantropilor. Iar peste cîteva zeci, sute şi mii de secole vor fi şi mai puţine. Tocmai aceasta şi releva cu tristeţe, acum 30 de ani, profesorul elveţian Gustave Juvet, care scria :

„Putem fi fericiţi că trăim într-o epocă în care mai sînt încă vizibile cîteva dintre aceste obiecte interesante. În mileniile dintr-un viitor prea apropiat, vai ! dacă vor mai fi prin locurile acestea astronomi care să scruteze spaţiul în care va pluti galaxia noastră, ei îşi vor aţinti în van imensele lor telescoape pentru a căuta urmele nebuloaselor a căror existenţă este atestată de tradiţia observatoarelor şi de scrierile mileniului al doilea.

Disperaţi că nu găsesc nimic, ei vor pune la îndoială şi aceste tradiţii şi aceste scrieri ; abătuţi, la început, de sentimentul singurătăţii lor şi speriaţi de tăcerea eternă a spaţiilor infinite, ei se vor reconforta, încetul cu încetul, tocmai fiindcă singurătatea lor li se va părea un semn că au fost aleşi. Descotorosindu-se cu timpul de tot vălmăşagul neverificabil acumulat de înaintaşii lor şi în care ei nu vor mai vedea decît o desfăşurare de ipoteze absurde susţinute în mod mincinos de instrumente grosolane, cosmologia lor va deveni pozi-

tivă, fiindcă nu va mai ține cont decît de faptele controlabile, și consecința naturală a acestui pozitivism va fi că ea va evolua, în scurt timp, spre antropocentrism și nu va mai servi decît la exaltarea galaxiei unice și a neamului ales pentru care le va părea a fi fost creată." [1]

O precizare ni se pare acum necesară. Cititorii se pot mira, pe bună dreptate, că dincolo de 12 miliarde de ani-lumină viteza spiralelor poate fi mai mare de 300 000 km/sec.

— Nu ne învață oare Einstein, pot obiecta ei, că nici o viteză nu o poate depăși pe cea a luminii ?

Aveți dreptate, vom răspunde noi, cu condiția să fie vorba de o viteză *reală* — cea a unei mașini pe o șosea sau a unei stele în Galaxie. Dar, în cazul recesiunii nebuloaselor, nu uitați că nu acestea din urmă se îndepărtează, ci spațiul, în care ele sînt „încrustate", se umflă. Spiralele sînt lipite în spațiu ca boabele de stafide în coca unei prăjituri ; dacă încălzim prăjitura pentru a o coace, ea se dilată și boabele se îndepărtează unele de celelalte, fără să putem spune că sînt, cu adevărat, animate de o viteză.

Constatare care pune punct final explorării noastre. Căci, iată-ne la acel „capăt" al universului, spre care am alergat atît ! E aici, la distanța de 12 miliarde de ani-lumină care delimitează sfera accesibilă observației noastre. Oricum ar fi, nu putem merge mai departe. Orice progrese ar face astronomia instrumentală, toate ambițiile noastre se poticnesc aici, și nu vedem cum am putea vreodată să cunoaștem și să studiem *de visu* ceea ce se află dincolo de acest zid. Știința noastră nu este deci limitată numai în spațiu ; ea este limitată și

[1] Gustave Juvet : *Structura noilor teorii fizice* (Alcan, 1933) (n.a.).

în timp, căci în ritmul în care se dezvoltă, în zilele noastre, tehnicile radioastronomice, radioastronomii nu vor avea de așteptat decît un număr mic de ani pînă a se lovi de zid. Zid nemilos, de data aceasta, care le lasă totuși o porție destul de mare de obiecte cerești de inventariat înainte de a fi nevoiți să stea cu brațele încrucișate.

PRIVIRE PESTE ZID

Un cititor al acestei cărți este, aș spune, prin definiție, ca un copil căruia i s-a spus o poveste și care protestează : „Și pe urmă ?"

— Și după Pămînt, Soare și planete ?

— După aceea sînt stelele.

— Și după stele ?

— Galaxiile.

— Și după galaxii ?

— De ! Aici e acea nefericită graniță de 12 miliarde de ani-lumină.

— Și dincolo de graniță ?

Oricît ne-ar pune în încurcătură, întrebarea nu e lipsită de logică : nu putem vedea mai departe de aceste 12 miliarde de ani-lumină, dar acesta nu este un motiv pentru ca universul să se oprească aici ! Chiar și un prizonier născut în captivitate, care n-a avut niciodată vreun contact cu exteriorul, înțelege că lumea nu se limitează la pereții închisorii lui și că trebuie să fie ceva și dincolo. Și apoi, e limpede că galaxiile nu se transformă în neant de îndată ce au păsit pragul ; nu avem nici un motiv să credem că acel „undeva", în care pătrund ele, este mai puțin real decît ceea ce se află în partea noastră.

De aceea nu este de loc fără sens să întrebăm :

— Ce este dincolo de sfera observabilului ?

... chiar dacă nici un fapt, nici o observație, nu pot sprijini presupunerile noastre. Fiecare știe, de altfel, că nu este de-ajuns să fii convins de inutilitatea unui lucru pentru a renunța să mai cauți a-l afla. *„Îndoiala în legătură cu lucrurile pe care dorim să le cunoaștem,* spunea Jean-Jacques Rousseau, *este o stare prea cumplită pentru spiritul omenesc"* și sînt circumstanțe în care spiritul preferă să meargă înainte, renunțînd chiar la orice suport experimental sau observațional, decît să rămînă în ignoranță sau în incertitudine.

Tocmai așa se prezintă situația în cazul de față.

Din fericire, am acumulat suficiente informații despre galaxiile și radiogalaxiile situate pînă la cîteva miliarde de ani-lumină pentru a ne putea permite o „mică" extrapolare. Avem, cred, dreptul să folosim această știință drept trambulină pentru a ne avînta pe aripile teoriei. Căci numai ea ne mai poate împinge dincolo de sfera observabilului, deși nu mai are posibilitatea să ne pregătească vreo escală acolo. Ei îi cerem, deci, răspunsul la această primă întrebare arzătoare :

Împărăția galaxiilor și radiogalaxiilor continuă oare la infinit sau este limitată ? Cu alte cuvinte, universul are oare „un capăt" ?

Luat prin surprindere, un cititor al acestei lucrări va fi tentat să spună :

— Universul este, fără îndoială, infinit. Dacă n-ar fi așa, ar trebui ca, de la un anumit punct, să nu mai existe galaxii. Or, Ryle a arătat, dimpotrivă, că numărul creștea paralel cu distanța. Și apoi, nu văd pentru ce să nu existe galaxii decît într-o anumită regiune a universului, restul fiind gol.

Dar, după un moment de reflecție, cititorul va relua :

— Atenție, totuși ! Să nu raționăm ca și cum galaxiile ar fi independente unele de celelalte. Să nu uităm că ele fiind încrustate în spațiu, cele două elemente sînt indisolubil legate. A te întreba dacă universul galaxiilor este finit sau infinit înseamnă, deci, a te întreba dacă spațiul care îl conține este la rîndul lui finit sau infinit.

Lucrurile se complică, spuneți dumneavoastră ? Ba deloc, căci cele două puncte de vedere precedente se pot reduce la această simplă alternativă :

— ori universul (și spațiul) este peste tot la fel cu ceea ce vedem în eșantionul pe care-l reprezintă sfera observabilă și atunci el se întinde la infinit ;

— ori el nu este așa — și atunci are un capăt.

Aici intervine un personaj pe care nu ne-am fi gîndit să-l interogăm, dacă nu s-ar fi băgat singur în discuție. Este un matematician, care pretinde că are și el un cuvînt de spus.

— Pardon, ne avertizează el pe un ton sentențios, dacă universul cu galaxiile sale se întinde peste tot, la nesfîrșit, asta înseamnă că spațiul, cu care aceste galaxii sînt solidare, este peste tot asemeni sieși și beneficiază, peste tot, de aceleași proprietăți ; că el este peste tot supus geometriei noastre, cea a lui Euclid.

Ideea că spațiul este peste tot *euclidian* ne pare evidentă fiindcă decurge din experiența noastră cotidiană. *„Ea s-a implîntat în spiritul omenesc de-a lungul secolelor și pare acum o idee înnăscută,* scria odată Henri Mineur. *Omul s-a obișnuit să considere spațiul drept euclidian și a sfîrșit prin a crede că nici nu s-ar putea altfel“.*

Această evidență s-a impus pînă în 1916, pînă în ziua cînd Einstein ne-a atras atenția că greșeam foarte mult, confundînd idealul cu realitatea, universul material încrustat cu stele, galaxii și roiuri de galaxii, cu spațiul abstract și imaterial al geometriei lui Euclid.

„*Între ele există o mică deosebire*, a explicat el : *existența materiei, nimic mai mult.*

— *Eh ! atîrnă atît de puțin față de imensitatea cosmică !*"

De fapt, dacă ne închipuim că toate astrele din univers ar fi pisate și pulverizate, iar praful respectiv împrăștiat, uniform, în sfera observabilă, densitatea medie nu s-ar ridica, după o evaluare recentă, decît la $3/10^{28}$, adică un atom la 5 litri și jumătate.

Totuși, oricît de infimă ar părea această materie, ea introduce o schimbare capitală în structura spațiului. Să ne amintim că, în conformitate cu legea lui Newton, toate corpurile se atrag ; orice fragment de materie atrage ceea ce se găsește în apropierea ei. Soarele atrage planetele și le obligă să graviteze în jurul lui, și am putea spune că lucrurile se petrec ca și cum Soarele ar deforma spațiul prin masa sa săpînd în el o depresiune, o căldare și obligînd planetele să se învîrtă pe pereții căldării, precum cicliștii pe pista înclinată a unui velodrom.

Cititorul recunoaște aici intrarea în scenă a teoriei relativității generale. Oricît de grosolană ar fi o demonstrație atît de simplificată, veți recunoaște că nu e aici nimic forțat, iar raționamentul este cît se poate de natural. Veți admite totodată că în zilele noastre el este cît se poate de bine întemeiat. Relativitatea nu mai este un edificiu clădit în nori : ea este sprijinită de o grămadă de dovezi experi-

mentale, dintre care bomba atomică este poate cea mai percutantă... Cititorul va consimți deci fără obiecții că atracția universală — cea a unui astru față de celălalt — echivalează cu o deformare a spațiului în jurul primului astru, deformare care influențează traiectoria celui de al doilea. Nu încercați cumva să vă închipuiți concret această deformare ! Ne putem închipui, la nevoie, un cearceaf întins orizontal, care ar reprezenta spațiul și care se lasă sub greutatea unui fier de călcat ; dar, poate că e mai bine, să admitem pur și simplu... și să avem încredere în matematicieni.

Din moment ce materia curbează spațiul cu masa ei, e de presupus că materia conținută în univers curbează spațiul în care acest univers e închis. Densitatea universului fiind infinitezimală, curbura spațiului nu poate fi decît extrem de slabă, atît de slabă, încît scapă observației noastre. Cu toate acestea, oricît de puțin pronunțată ar fi, ea este reală și nu-i trebuie mai mult universului pentru ca la această scară să înceteze a mai fi euclidian.

Să nu mai insistăm asupra acestui gen de concepții, greu sezisabile dacă nu sîntem *per tu* cu simbolurile matematice. Să reținem doar că universul nu poate fi privit ca fiind uniform euclidian, adică, dacă vreți, „plat", cu paralele care nu se întîlnesc și cu triunghiuri ale căror unghiuri totalizează 180 de grade.

Cam acesta este și cazul Pămîntului, a cărui suprafață poate fi asimilată local cu un plan, dar care, la scară mare, are totuși forma unei sfere. Ca și el, universul este curb — ceea ce nu înseamnă neapărat că are forma unei sfere : asupra acestui lucru, teoria relativității nu ne spune nimic. Sin-

gura certitudine pe care ne-o dă ea poate fi conținută în fraza următoare : pe scară mare, universul nu este euclidian, ceea ce înseamnă că este curb.

NU, UNIVERSUL NU ARE CAPĂT !

Propoziție nu prea precisă, căci există fel de fel de curburi — cea a unei sfere, a unui corn al abundenței, a unei scări în spirală, a unei șei de cal etc. Iar relativitatea nu ne spune, cîtuși de puțin, cu care dintre aceste forme se înrudește universul. Pentru noi însă nu este atît de important să cunoaștem forma universului, cît să știm dacă el are un „capăt". Pentru aceasta, întrebarea pe care trebuie să ne-o punem este următoarea : Din moment ce universul (sau spațiul) este curb, curbura aceasta este oare suficient de accentuată pentru a-l obliga să se închidă asupra-și, sau este prea slabă pentru asta și îl lasă să se întindă la nesfîrșit ? Este limpede că numai în primul caz el are un capăt, fiindcă, închizîndu-se, el are, prin forța lucrurilor, un volum limitat.

Mulți oameni se pot întreba ce înseamnă aceasta și își vor închipui cu greu un univers curb, fie el infinit sau nu. Dar, din nou, este inutil să încercăm să ne imaginăm ceva, cu atît mai mult, cu cît universul nostru, cu cele trei dimensiuni ale lui, este curbat într-o a patra dimensiune cu totul inaccesibilă simțurilor noastre !... Cu toate acestea, dacă ne mulțumim cu o aproximație, ni-l putem închipui, cu o dimensiune în minus, redus la o suprafață și ne putem întreba în ce condiții o astfel de suprafață poate fi finită sau infinită.

Primul caz este, de exemplu, cel a suprafeței unei sfere, suprafață curbă, care se închide asu-

pră-şi, finită dar nelimitată. Al doilea caz este cel al suprafeţei unui *hiperboloid*, corp solid format de o hiperbolă care se învîrte în jurul axei sale. Cititorul ne-geometru şi-l va închipui ca pe un perete rotund şi evazat, ca cel al unei scoici sau al unei jumătăţi de corn şi va presupune că evazarea acesteia se prelungeşte la infinit. Aşadar, universul este curb, fie în felul unei suprafeţe sferice (deci finite), fie în felul unei scoici (deci infinit) ?

Veţi considera poate că gradul de complicaţie al unei astfel de cercetări depăşeşte posibilităţile actuale ale inteligenţei umane şi că e mai bine să ne lăsăm păgubaşi, în aşteptarea unor vremuri mai bune. Dar acest pesimism nu se justifică. Într-adevăr, astronomul american George Gamow a dat un criteriu geometric precis, care ne permite să stabilim cărei familii de spaţiu îi aparţine universul. Acest criteriu a fost aplicat cu succes, aşa încît avem multe şanse să aflăm răspunsul.

Pentru a înţelege natura acestui criteriu, să ne închipuim că trăim tîrîndu-ne pe suprafaţa unui imens hiperboloid, suprafaţă acoperită cu păduri, cît vezi cu ochii. Avînd în vedere evazarea suprafaţei şi întinderea ei la infinit, pare evident că, cu cît vom privi mai departe, cu atît copacii ni se vor părea mai numeroşi ; cu alte cuvinte, numărul lor va creşte proporţional cu depărtarea. S-ar întîmpla contrariul, dacă am trăi pe suprafaţa unei sfere (cum e şi cazul, de altfel...) pe care pădurea ar fi, în mod necesar, limitată.

Deşi sîntem situaţi nu *pe* o suprafaţă, ci *într-un* volum (spaţiul are trei dimensiuni), putem aplica acelaşi raţionament la populaţia galaxiilor : creşte aceasta o dată cu distanţa ? Atunci spaţiul se

înrudește cu un hiperboloid ; scade spațiul, se apropie de sferă.

Și aici intervine constatarea capitală a domnului Ryle : da, cu cît înaintăm în spațiu, cu atît galaxiile sînt mai abundente și mai dese [1]. Prevalează, deci, cazul hiperboloidului. Concluzia : universul este dotat cu o curbură care îl înrudește cu un hiperboloid și, în orice caz, îl face infinit și nelimitat.

După ce am făcut această deducție, să ne grăbim să atenuăm aparența ei definitivă și absolută. Am văzut că ea se sprijină în întregime pe rezultatul recensămintelor de la Cambridge. Dar acestea sînt oare indiscutabile ? Ne-am mai pus această întrebare și repetăm că așa se pare, cel puțin pînă acum. Totuși, n-am putea garanta că, dacă ele vor fi continuate, vor da totdeauna rezultate în același sens. Cîte fenomene nu pot interveni în spațiul cosmic !

În starea actuală a lucrurilor, concluzia generală adoptată este totuși aceasta : universul este infinit, nelimitat și nu are „capăt" [2]. Adio oricărei speranțe de a-i atinge vreodată granița ! Adio, fantezii inspirate științei de ieri de ipoteza unui univers sferic, ca de exemplu, posibilitatea ca o rază luminoasă plecată din galaxia noastră să facă înconjurul sferei și să se întoarcă la punctul ei de plecare (am fi putut, astfel, să ne vedem spatele privind drept înainte !). Aceasta amintește de

[1] Rezultatele lui Ryle nu pot fi explicate numai prin geometria spațiului și trebuie să se ia în considerare și aspectele evolutive, expansiunea Universului și evoluția galaxiilor.

[2] La ora actuală nu există nici o concluzie definitivă asupra finității sau infinității Universului, deși este unanimitate în afirmația că Universul nu are margini.

felul cum își lăuda un optician marfa: „Acest binoclu apropie atît de mult obiectele, încît cel pe care îl priviți vi se pare a fi în spatele dumneavoastră!"

ULTIMA ETAPĂ: LA MARGINEA PRĂPASTIEI

Din moment ce ni se pare acum foarte probabil că universul nu are capăt, ne putem încheia aici călătoria, recapitulîndu-i principalele etape:

— la șase miliarde de ani-lumină: frontiera optică a universului;

— la $(6+n)$ miliarde: frontiera radioelectrică

— la 12 miliarde: frontiera sferei observabile;

— dincolo de 12 miliarde: necunoscutul.

În fond, universul accesibil investigației vizuale sau fotografice se oprește la șase miliarde de ani-lumină. Cifră, desigur, provizorie, din moment ce telescopul sovietic de 5,90 metri o va duce și mai departe. Oricît de uriașă i-ar fi raza, sfera observabilă nu pare să difere, la prima vedere, de cea pe care o delimita Hubble acum o treime de secol. Constanta de recesiune capătă, ce-i drept, o valoare, cam incertă, dar fuga galaxiilor urmează aceeași lege, regulile fotometriei și spectroscopiei par a fi aceleași, și unicul simptom al unei curburi a spațiului este acea ușoară inflexiune a razelor luminoase, numită „efectul Einstein", pe care o înregistrează placa fotografică, cu ocazia eclipselor de soare; ea devine, de altfel, sensibilă de îndată ce intrăm în domeniul stelelor galactice.

Și dincolo de șase miliarde de ani-lumină? Singurele mesaje pe care le primim din această zonă sînt semnalele radioelectrice ale radiogalaxiilor. Radiogalaxii asemănătoare, ne amintim, celor din

constelația Lebedei, dar colosale, depărtate, și din ce în ce mai numeroase, despre care nu știm nimic. Aici începe zona inobservabilă, zonă tulbure, în care știința încă nu s-a aventurat, și în care nu știm dacă ea mai este aplicabilă. Căci ar fi o pretenție exagerată din partea noastră să credem că legile în vigoare în colțișorul nostru de cer rămîn valabile, atunci cînd extrapolarea este atît de nemăsurată. Lumea nu se înfățișează la fel unei furnici sau unui Gagarin și geometria primei nu este aceeași cu geometria celui de-al doilea!

Ați vrea să știți prin ce diferă zona inobservabilă de cealaltă, dar acesta este încă un secret al cosmosului. S-ar putea ca prima să nu fie decît prelungirea celei de a doua, iar natura să impună ambelor aceleași reguli. Se poate de asemenea, și este mai probabil, ca acestea să treacă încet-încet de la una la cealaltă. Este foarte posibil, în speță ca legea lui Newton să înceteze progresiv să mai acționeze efectiv. Celebrul astronom american Fritz Zwicky (născut în 1898), spirit original și anticonformist generos, atrăgea atenția recent că, dacă galaxiile aveau tendință să se grupeze în roiuri, acest lucru nu era valabil și pentru roiurile în sine? Roiurile părînd să rămînă independente unele de celelalte, nu era aceasta o dovadă că ele nu se atrag și că, în acest spațiu, legea atracției nu mai este atît de strictă ca în spațiul nostru?

Dar, cînd faptele lipsesc, toate ipotezele sînt permise! Nici măcar nu mai putem discerne în numele bunului-simț și al legilor naturale obișnuite, căci acestea au multe șanse să nu fie identice în Galaxie și la 12 miliarde de ani-lumină! Chiar dacă universul este infinit, chiar dacă atracția newtoniană nu mai joacă decît un rol de monarh constituțional, anumiți astronomi susțin că

miliardele de galaxii ar putea fi grupate într-un super-roi, care ar forma o *Metagalaxie*; mergînd mai departe, alții ar vedea cu plăcere universul populat de metagalaxii, tot așa cum sfera observabilă pentru noi este populată de galaxii; și, cine știe, dacă ducînd ficțiunea pînă la capăt, alții nu consideră că aceste miriade de metagalaxii constituie, la rîndul lor, tot atîtea unități dintr-un ansamblu, la o scară, de data aceasta, incomensurabilă? Am cădea în celebra temă pascaliană a gînganiei, a cărei fiecare picătură de sînge reprezintă un univers plin, la rîndul lui, cu stele, cu pămînturi și cu gîngănii, care la rîndul lor etc. Fantezie pe care numai o imaginație nebunească ar putea-o admite și care nu se sprijină decît pe vid!

Vidul, neantul, necunoscutul? Acesta este hăul la marginea căruia ne duce ultima etapă, punctul final al plimbării noastre. Plecasem în căutarea capătului universului și, cînd colo, el n-are cap. Epuizate, mijloacele tehnice cele mai puternice ne părăsesc la cîteva miliarde de ani-lumină, în fața întinderii neexplorate. Să ne închipuim că sîntem niște turiști pașnici, care se plimbă noaptea pe culmile falezelor marine. Deodată, se stîrnește vîntul și orizontul se lărgește acolo, în bezna compactă, simțim la picioarele noastre oceanul contopindu-se cu noaptea; îi auzim tunetele și ghicim, cu un fior, grozava imensitate a prăpastiei. Dar, dincolo de ocean, știm că există un continent, orașe, oameni; dincolo de granița universului, în adîncurile unei prăpastii fără margini, ce este oare?

*

Iată-ne, deci, ajunși la sfîrșitul acestei *Călătorii la capătul Științei*. Am încercat cu curaj să son-

dăm succesiv infinitul mic al atomului și al celulei vii, apoi infinitul mare al lumii siderale. Pentru aceasta, ne-am bazat numai pe constatările științei, respingînd cît mai mult la locul ei ipoteza, uneori necesară, dar totdeauna suspectă. Totodată ne-am străduit să nu ne bizuim decît pe metode încercate, pe cifre verificate, pe scheme sugerate sau ratificate de rațiune.

Rațiunea, sinonim al științei, ghid auster, dar sigur! Nu e aici nici un merit să respingi seducțiile miraculosului fantezist, ale iraționalului, ale ocultului. Căci, degeaba caută la capătul științei, și chiar mai înainte de capătul ei, diverși șarlatani nevoiași, însetați de bani mulți, să atragă gogomanii, povestindu-le minuni, care nu sînt decît gogoși și vorbe-n vînt : ei nu păcălesc decît pe naivi și pe ignoranți. Să stai să asculți scorneli băbești după vîrsta de 10 ani, nu a fost niciodată considerat drept indiciul unui creier normal. Miraculosul nostru, cel al științei, este cel mai pasionant, *fiindcă, este adevărat,* și destinul fiecăruia dintre noi depinde prea mult de alegerea unor repere stabile și autentice pentru ca să acceptăm de bună voie unele false. Același lucru îl scria, în încheierea unei alte călătorii, fizicianul Armand de Gramont citînd vorbele lui Maurice Barrès din *La colline inspirée* : *„Orizontul care înconjoară această cîmpie este același care înconjoară orice viață ; el acordă un loc de cinste setei noastre de infinit și ne amintește în același timp de limitele noastre.“* [1]

[1] Armand de Gramont : *Spre infinitul mic* (Gallimard, 1945). (n.a.).

ADDENDA

de Edmond Nicolau

Probabil că una din cele mai uimitoare descoperiri ale științei contemporane se referă la însăși edificiul științei. Mai exact, este vorba de constatarea statistică privind viteza de creștere a științei : la fiecare 8—10 ani, volumul de cunoștințe se dublează în toate compartimentele științei — cel puțin dacă ne raportăm la ultimele trei secole. Este vorba de *explozia informațională*, care se desfășoară în epoca noastră, marcînd profund civilizația căreia noi aparținem.

Omenirea a devenit conștientă că trăiește într-o epocă de puternică dezvoltare a științei și tehnicii și că progresul societății — ca și al indivizilor — este condiționat de stăpînirea acestui flux uriaș de informații. Din fericire, astăzi există și un instrument de stăpînire a informației : e vorba de puternicele calculatoare electronice, capabile să efectueze zeci de milioane de operații pe secundă.

Dar să revenim la perioada de dublare a datelor științei — acel termen de 8—10 ani, caracteristic epocii noastre.

Lucrurile par simple, dar ele ascund unele fapte legate de proprietățile acestui șir simplu de numere : 1, 2, 4, 8

etc. Prin însăși legea șirului, fiecare număr este dublu celui precedent. Dar, fiecare număr din șir este mai mare ca suma tuturor termenilor precedenți : 2 este mai mare ca 1, iar 8 este mai mare ca suma 1+2+4=7. Să interpretăm acest rezultat cu aparență neutră : la fiecare 8—10 ani, volumul de date de care dispunem într-un domeniu oarecare se dublează. Să spunem că un medic de 45 de ani a terminat facultatea acum 20 de ani. În acest interval de timp, cunoștințele în propria sa specialitate s-au mărit de 4 pînă la 8 ori. Deci, dacă el nu a avut grijă să se documenteze singur pe parcursul acestor două decenii pentru a fi „la zi", ar trebui să mai urmeze de cîteva ori studiile pe care le-a absolvit odată.

Pe alt plan, apare un rezultat surprinzător și el : în perioada 1963—1970 volumul de cunoștințe globale ale omenirii aproape s-au dublat față de 1963. Deci, așa cum arată legea dublării, în această perioadă civilizația noastră a produs mai multă știință decît în tot trecutul de cercetare științifică a omenirii din epoca de piatră și pînă azi.

De unde necesitatea unei completări a lucrării lui Pierre Rousseau — spre a o aduce la zi. Încercarea noastră are deci un scop limitat : să dea cititorilor acele date acumulate de știință în perioada ce a trecut din momentul elaborării ei și pînă la apariția traducerii de față.

Noile date ale științei sînt într-adevăr spectaculare. E suficient să ne gîndim la cucerirea Lunii și la sinteza genelor — acele minuscule purtătoare de informație. Aceste fapte se înscriu pe liniile directoare ale cărții. Dar edificiul științei contemporane e cu mult mai vast decît ceea ce prezenta Pierre Rousseau în cartea sa. Nu putem ignora reflectarea științifică asupra științei — adică *scientica* — nici pătrunderea unor metode cantitative în interpretarea științelor umanistice. Este vorba de o schimbare esențială a dimensiunilor științei.

Am considerat deci necesar ca la capitolele privind biologia, particulele elementare și astronomia, să rezervăm o secțiune pentru cibernetică, tînăra știință ce se dovedește a avea un rol esențial în concertul științelor contemporane.

TEORIA INFORMAȚIEI, INFORMATICA ȘI EXPLOZIA INFORMAȚIONALĂ

Printre acei termeni care circulă mult în literatura științifică la fel ca și în cea de popularizare, de informare — spre a utiliza un termen contemporan — o frecvență mare o au termenii de informație, teorie a informației, explozia informațională. E vorba de lucruri într-adevăr esențiale pentru momentul actual.

Mai întîi, cîteva precizări : informatica este un concept ce se referă la știința calculatoarelor, cu privire specială la programarea lor. Teoria informației este un capitol al matematicii, iar explozia informațională este un fenomen pe care îl trăim.

Actuala explozie informațională înseamnă diseminarea informației, accesul rapid din orice punct la orice stoc de informație — înseamnă o educare multiplă a omului. Rezultă că în primul rînd omul trebuie să fie învățat să utilizeze stocurile de informații existente, să creeze noi stocuri. Explozia informațională va solicita sistemul nostru nervos pe măsura posibilităților sale, va mări indicii caracteristici-informaționali ai ființei noastre. Colaborarea cu calculatoarele nu va duce numai la mașini mai perfecționate ci și la oameni mai evoluați.

„Explozia informațională" este o expresie care încearcă să descrie o stare de fapt : dintr-o dată volumul de informație accesibil omului a devenit foarte mare.

Examinînd mai atent lucrurile, întîlnim o situație paradoxală : cu toții simțim că sîntem cufundați într-un

flux tot mai intens de informații — deși statisticile arată că ritmul de dezvoltare al activităților umane a rămas, practic, același în ultimele secole. Paradoxal, dar deși afirmăm și simțim că sîntem într-o lume din ce în ce mai științifizată, astăzi ritmul de creștere al științei este același ca și în anul 1700. Mai exact, astăzi, la fel ca și în anul 1700, viteza de dublare a cunoștințelor a rămas aceeași ; la fiecare 8—10, în orice domeniu științific, cunoștințele se dublează.

Să precizăm mai întîi cîteva noțiuni, începînd cu însăși noțiunea de *informație*. Utilizată multă vreme într-un sens insuficient precizat, de abia în anul 1928 inginerul R. Hartley introduce noțiunea esențială de *cantitate de informație*. În anul 1948, alt inginer și matematician, Claude Shannon, introduce — drept măsură a informației — conceptul central de *entropie*, în cadrul unei noi științe *Teoria informației*. Era semnul începerii unei noi ere în știință, în care, alături de substanță și energie, un loc central în diversele activități umane revine *informației*. Să fim atenți : deși nu poate exista fără un suport material, informația nu se confundă cu nici una din formele clasice ale materiei : substanța și energia.

Explozia informațională este manifestarea cea mai palpabilă a acestei iruperi violente a informației în conștiința noastră. Mijloacele de comunicare în masă — în special cele electronice : televiziunea și radioul — pun la dispoziția noastră un stoc de date uriaș în comparație cu situația de acum cîteva decenii. Urmările sînt greu de întrevăzut căci pentru un cibernetician esența ființei umane rezidă tocmai în capacitatea sa informațională. Acest flux uriaș pus la dispoziția noastră va însemna desigur o accelerare a progresului social și o modificare profundă a modului de educare, de formare a specialiștilor.

Să analizăm mai întîi faptele. Într-adevăr, astăzi fluxul de informație accesibil omului este incomparabil mai

mare ca în trecut. Este posibil ca în general creşterea relativă să fie aceeaşi astăzi ca şi în anul 1700, dar să nu uităm că aceasta înseamnă o dublare a volumului de informaţie la fiecare circa 10 ani. Dar în raport cu anul 1700 situaţia este complet schimbată : să presupunem că într-un anumit domeniu — să spunem matematică — atunci apărea o singură lucrare. După zece ani existau două lucrări — ceea ce nu era mult. Dar după un secol, numărul lor ajungea la o mie ! După două secole, la un milion etc.

Este un exemplu de transformare a cantităţii în calitate.

Vorbim deci de o explozie informaţională pentru că într-un timp scurt debitul de informaţie accesibil omenirii a devenit foarte mare şi are tendinţa să crească mereu. Aceasta se leagă de două fapte cruciale pentru dezvoltarea omenirii : apariţia ciberneticii şi crearea unor sisteme rapide, electronice, de transmitere, prelucrare şi conservare a informaţiei. Să revenim la fapte : pînă nu de mult, omul trăia într-un mod patriarhal, iar imaginile pe care el le privea se succedau lent, în ritmul general al unei vieţi neagitate. Astăzi situaţia este complet schimbată : imaginea televizorului ne oferă un debit foarte mare de informaţie, teoretic de cîteva milioane de unităţi informaţionale pe secundă.

Să fim conştienţi că noi ca indivizi trăim acum o puternică revoluţie informaţională. Dar pentru omenire, aceasta este a patra ce se înscrie după apariţia limbajului ce vehiculează experienţe personale, a scrisului, a tiparului cu litere mobile. Explozia actuală este tributară electronicii şi ciberneticii. La fel cum fiecare din exploziile precedente a însemnat foarte mult pentru omenire, tot aşa actuala explozie va avea urmări încă greu de inventariat.

Transmiterea de la un individ la altul a informaţiei referitoare la experienţele personale constituie o carac-

teristică a umanității și este probabil unul dintre factorii esențiali care a marcat trecerea de la prehominieni la oameni — trecînd prin hominieni. Ființa, care nu s-a mulțumit să confecționeze o unealtă primitivă, ci a explicat rudimentar unui seamăn tehnologia utilizată, a declanșat prima micro-explozie informațională înregistrată de specia noastră.

Prima revoluție informațională a fost constituită de momentul în care dezvoltarea sistemului nervos al hominienilor, ca și procesul de muncă în comun, a dus la crearea limbajului articulat. Transmiterea experienței personale de la un individ la altul a permis acumularea unor informații prin sisteme biologice: memoria de diferite tipuri a sistemului nervos a fost utilizată în mod corespunzător. Aici rezidă embrionul educației, una din cele mai mari invenții ale omului.

A doua explozie informațională s-a produs în momentul în care s-a inventat scrisul. Astfel, s-au suplinit deficiențele memoriei biologice — limitată prin însăși natura sa la durata vieții individului.

Tiparul cu litere mobile a condus la a treia revoluție informațională. Imprimeria a fost preludiul erei *comunicațiilor de masă* în care acționează mijloace foarte puternice de transmitere și prelucrare a informației: cinema, radio, televiziunea, calculatoarele electronice. Aceasta marchează, fără îndoială, un uriaș salt înainte în istoria omenirii.

Evaluăm informația în *biți*, adică în unități informaționale — așa cum evaluăm lungimile în metri sau puterea în wați. Unitatea de informație este *bitul*, un bit fiind cantitatea de informație dată de o experiență ce se poate realiza numai în două moduri, la fel de probabile.

Acest concept simplu, de cantitate de informație, își găsește aplicații astăzi nu numai în tehnică, dar și în lingvistică, psihologie, estetică etc.

Teoria informației devine o știință centrală, astăzi existînd reviste dedicate exclusiv acestei științe.

Alături de noțiunea de informație, un rol important revine unor concepte înrudite. Amintim astfel de noțiunea de cod, adică de regula de trecere de la un alfabet la altul. Conceptul de cod își găsește o largă utilizare în biologie, în genetică, dar și în tehnica transmiterii datelor la distanță, ca în cazul navelor cosmice, al prelucrării datelor la distanță etc.

Să revenim la teoria informației. Fluxul de informație îl evaluăm în cantitatea de informație dată în unitatea de timp, adică în biți pe secundă. Și aici apare un paradox : organele de simț sînt capabile să vehiculeze spre creier un flux imens de informații : circa zece milioane de biți pe secundă. În schimb, creierul poate prelucra cu mult mai puțin — circa 15 biți pe secundă. Dar drama nu este atît de mare. Deoarece, în mod obișnuit, fluxul informațional pe care îl primește omul în condiții naturale este minim : cîțiva biți pe secundă. Tocmai de aceea fiecare metodă de a comunica mai mult înseamnă o utilizare mai bună a creierului — deci a ființei noastre.

Pe rînd, omul a reușit să creeze sisteme prin care vehicularea informației se face în condiții mai bune : scrisul asigură o memorie externă, în condiții superioare celei naturale, biologice. Tiparul a marcat o altă revoluție informațională, iar electronica marchează ultima etapă înregistrată pînă azi. Dintr-o dată prin radio și televiziune — alături de calculatoare — ne asigurăm un flux informațional pe măsura posibilităților noastre existente.

Deoarece exercițiul dezvoltă organul, este de așteptat că această explozie informațională să ducă la îmbunătățirea performanțelor propriului nostru sistem nervos — deci a propriei noastre ființe, în ceea ce are ea mai specific, mai esențial. Asistăm la cea mai fantastică aventură a omenirii : aventura informațională. E vorba de o utilizare permanentă mai judicioasă a sistemului nervos

al omului, unde situația e paradoxală : organele de simț pot sesiza circa 11 milioane de unități informaționale (biți) pe secundă. Zece milioane de biți/s este fluxul informațional dat de analizorul optic ; un milion este contribuția celui acustic și numai jumătate de milion a celui tactil — ceilalți analizori avînd contribuții mai mici. Prin acest flux intens de informație oferit de mijloacele moderne, creierul lucrează din plin, educația se desăvîrșește mai repede și mai complet. Progresul omenirii devine mai rapid.

Cea de a patra explozie informațională corespunde producerii simultane a mai multor evenimente : creșterea rapidă a stocului de informații accesibile oamenilor ; crearea unei rețele informaționale fără precedent, care permite omului să aibă acces la un flux foarte mare de informații ; crearea unor extrem de puternice mijloace de prelucrare a informației — calculatoarele electronice.

În același timp, omenirea a recunoscut importanța informației ca atare — informația neconfundîndu-se nici cu substanța și nici cu energia, deși informația nu poate exista fără un suport material. Omenirea dispune azi și de cibernetică.

Tocmai ca o recunoaștere a noțiunii de informație a apărut și teoria informației, ramură a științei creată prin lucrările lui R. Hartley (1928) și Cl. Shannon (1948) care au pornit de la problemele practice ale transmiterii informației.

Explozia informațională ne permite simultaneitatea cu toate marile evenimente care se produc în zona circumterestră și pe care le observăm pe micul ecran.

Influența pe care această explozie informațională o are este greu de apreciat exhaustiv, dar cîteva jaloane se întrevăd. În primul rînd, în sfera economiei concrete se constată cea mai extraordinară concentrare de mijloace înregistrată vreodată de istorie : din totalitatea celor

circa 70 000 de calculatoare electronice existente astăzi în lume, circa 70 la sută se utilizează în scopuri economice, în acest domeniu calculatoarele fiind deosebit de eficace, printr-o prelucrare rapidă a informației economice. Ele permit luarea unei decizii științifice, deci fac astfel ca acțiunile noastre să fie mai eficiente. Aici intervine și informatica, care prin programele tot mai bine puse la punct, reușește să stăpînească fenomene tot mai complexe. E cazul să facem o precizare. Adesea, în matematica anterioară apariției calculatoarelor era suficient să dăm formule valabile în general. Acum ne interesează metode de calcul efectiv, care, chiar aproximativ, să ne conducă rapid la scopul urmărit. Una este să rezolvăm cu creion și hîrtie un sistem de două ecuații algebrice, cu două necunoscute și alta un sistem de 800 de ecuații cu 800 de necunoscute : numai calculatorul ne ajută efectiv în acest ultim scop.

Însăși știința este influențată de interacțiunea om-calculator. În matematică se dezvoltă mult preocupările legate de utilizarea calculatoarelor — și aceasta atît pe planul aplicațiilor, cît și al fundamentelor matematicii — cum sînt preocupările privind mașina Turing, funcțiile calculabile etc.

Calculatoarele electronice și rețeaua mondială de telecomunicații vor contribui mult la difuzarea datelor și la prelucrarea lor. Să reținem un fapt esențial : viteza de dublare a numărului calculatoarelor din lume este cu mult mai mare decît viteza de dublare a datelor, calculatoarele dublîndu-se, ca număr, în 2—3 ani. Aceste mijloace excepționale de prelucrare a datelor funcționează azi cu viteze fabuloase, iar în „memoria" lor putem include miliarde de date. Putem întrevedea crearea unei rețele mondiale de prelucrare a datelor cu calculatoarele — căci embrioane ale unor astfel de sisteme au și apărut. Iar marea lor viteză de dublare le face tot mai frecvente.

Explozia informațională continuă și probabil va conti-

nua încă mult timp. Ceea ce caracterizează momentul actual este tocmai acest fapt, deosebit de important, că am devenit conștienți de fenomen și, cu puterea pe care ne-o dă cunoașterea, putem să utilizăm acest stoc imens de date în cel mai eficace mod pentru progresul omenirii. Întreaga dezvoltare contemporană a științei arată că omul înțelege și stăpînește tot mai eficient procesele din natură, om și societate.

CIBERNETICA, METODELE EURISTICE ȘI INTELIGENȚA ARTIFICIALĂ

Cibernetica

Fără îndoială, cibernetica reprezintă un nou punct de vedere în știință și tehnică, și aceasta atît în ceea ce privește poziția omului în raport cu controlarea unor procese industriale sau economice, cît și în domeniul înțelegerii propriei sale ființe. În această ordine de idei, trebuie amintit faptul că în prima lucrare de cibernetică purtînd acest titlu, Norbert Wiener încerca să trateze în mod unificat unele aspecte privind ființele vii și mașinile, trăsura de unire fiind perspectiva comunicării și reglajului. Problema valorii metodologice a cibernetici a format obiectul a numeroase cercetări. În cele două decenii care au urmat apariției ciberneticii, a devenit clar că datorită acestei noi științe, un rol tot mai mare îl capătă modelele și calculatoarele electronice. S-a înțeles faptul că de cele mai multe ori recurgem la modele în activitatea noastră, deoarece realitatea este extrem de complexă: modelele ne apar ca simplificări impuse de dimensiunile finite ale aparatului nostru informațional (creierul), care nu poate reflecta infinitatea și inepuizabilitatea realității.

Din familia modelelor, un rol deosebit revine modelelor matematice.

Prin model matematic al unui fenomen sau obiect se înțelege sistemul de relații matematice care descriu relațiile existente între mărimile considerate ca esențiale în fenomenul sau obiectul respectiv. Modelele pot fi structurale sau previzionale, după cum reflectă relațiile existînd la un moment dat între mărimile respective, sau așa cum evoluează ele în timp.

Calculatoarele electronice, datorită vitezei lor de lucru foarte mari, permit studierea extrem de rapidă a relațiilor matematice, eventual a celor care corespund unui anumit model — ceea ce le face un instrumet indispensabil cibernetícianului de azi.

Cibernetícianul contemporan are posibilitatea ca, practic, imediat după ce elaborează un model, să îl simuleze pe un calculator, observînd dacă el este sau nu adecvat realității modelate. Apare astfel o posibilitate nouă în cunoaștere — verificarea ipotezelor prin simulare electronică, în care scara timpului se schimbă astfel încît să putem constata într-un interval de timp convenabil dacă modelul elaborat corespunde sau nu realității.

Astfel de situații se întîlnesc astăzi în conducerea proceselor industriale — și aici cibernetica și calculatorul permit optimizarea activităților ; la fel și în economia concretă. Dar este interesant de arătat că cibernetica și calculatoarele intervin tot mai mult în viața socială și chiar în activitatea individuală — cum este, de exemplu, cazul instruirii. Tocmai de aceasta s-a afirmat că *„cibernetica înseamnă adaptarea calculatoarelor electronice în industrie, economie și în viața socială"*.

Această afirmație trebuie înțeleasă tocmai în lumina celor expuse anterior : cibernetícianul lucrează cu modele tot mai complexe, a căror stăpînire ne obligă la utilizarea calculatoarelor electronice.

În același timp a devenit clar că, din punct de vedere cibernetic, specific omului este tocmai capacitatea sa spo-

rită, în raport cu a celorlalte animale, de a prelucra informația.

Situîndu-ne pe poziții informaționale, omul este un sistem de prelucrare a datelor — cel mai complex sistem existent pe planeta noastră — exceptînd, desigur, societatea umană. În activitatea sa, omul se poate înțelege mai bine utilizînd calculatoarele electronice, deoarece are posibilitatea să se automodeleze și să simuleze apoi pe calculatoare programele astfel elaborate.

Etapele modelării omului

Istoria modelării ființei umane, nu este nouă. Ea cuprinde încercările mai vechi de modelare a aspectelor exterioare ale omului, eventual a unor mișcări coordonate, cum ar fi, de exemplu, modelul cunoscut sub numele de „Flautistul" al lui Vaucanson. Pe aceeași linie mecanicistă se înscriu și lucrările teoretice ale lui La Mettrie.

Noțiunea de model a constituit obiectul a numeroase cercetări teoretice și este strîns legată de cea de analogie, ca și de noțiunea de simulare.

Macheta este un model care păstrează relațiile existente între dimensiunile (geometrice) ale obiectului modelat.

Specific ciberneticii nu este însă modelarea unor aspecte exterioare, nesemnificative, ci, din contră, în cazul ființei umane, modelarea unor activități profunde, în particular a celor legate de intelect.

Faptul că mașina de calcul se apropie de activitatea intelectului uman nu este nou — el fusese remarcat și de Blaise Pascal, inventatorul primei mașini aritmetice din lume. Dar, de la această primă mașină, capabilă de a mecaniza operațiile de adunare și scădere, și pînă la marile calculatoare contemporane, omenirea a parcurs un drum lung.

Cu calculatoarele existente se pot efectua programe care corespund unor activități intelectuale complexe, cum ar fi traducerile dintr-o limbă în alta, rezolvarea unor probleme de logică matematică etc.

Se poate vorbi deci de existența unei automatici intelectuale.

Încercările de descifrare a modului în care creierul prelucrează semnalele venite din lumea exterioară — ca și din corpul căruia el îi aparține — sînt vechi. Aceste încercări au pornit însă pe un drum nou datorită cibernetici. În primul rînd, s-au elaborat diferite modele pe sistem nervos, respectiv pe creier, plecîndu-se de la modele de neuroni. Pe această linie se pot cita atît modelele discontinue, ca cel elaborat de McCulloch și Pitts, cît și modelele de neuroni continui (Bălăceanu și Nicolau).

Putem menționa, de asemenea, modelele analogice elaborate pentru un neuron, pentru un analizor sau pentru o rețea neuronală capabilă să simuleze formarea, păstrarea și ștergerea reflexelor condiționate (Nicolau). Pe aceeași linie se înscrie modelul elaborat de Ashby pentru creier, model care introduce o serie de principii noi, cum ar fi simularea globală, căutarea aleatoare a unei strategii etc.

Dar, deosebit de interesantă este direcția care caută să elaboreze programe pentru calculatoare digitale, care, pe baza lor, simulează comportarea unor rețele nervoase. Astfel de programe a elaborat D. Farcaș, pentru simularea unei porțiuni din cortex, E. Nistor, pentru traducere automată, V. Yngve, pentru compuneri de texte etc.

Deosebit de interesante sînt și cercetările care consideră atît dispozitivele tehnice, cît și ființele vii, ca sisteme cu intrări și ieșiri, între care sînt dispuse diferite blocuri funcționale.

Indiferent de modelul adoptat, în toate cazurile sîntem în prezența unor sisteme care prelucrează informații.

Aceasta este, poate, una din achizițiile cele mai interesante ale gîndirii contemporane : orice ființă vie este și un sistem de prelucrare a informației. Gîndirea este o formă de prelucrare a datelor, inclusiv a celor senzoriale, organele de simț sînt traductoare, iar în întreaga sa activitate creierul aplică diferite succesiuni de algoritmi, indiferent de activitatea desfășurată : vorbire, activitate sportivă și chiar ceea ce se cheamă activitate artistică, respectiv activitate creatoare.

Faptul că astăzi aceste activități pot fi în parte realizate de calculatoare electronice, dovedește că în aceste activități nu intervin elemente care să nu poată fi realizate numai prin participarea exclusivă a unor elemente materiale.

Pe o treaptă mai înaltă putem descifra automatismele care activează în domeniul intelectual, fapt sesizat chiar și de Pascal.

Algoritmi

În esență, în simularea tuturor activităților intelectuale este vorba de efectuarea, de către calculator, a unor succesiuni de operații descrise prin algoritmi.

Rolul algoritmilor este cunoscut de mult timp. Astfel există algoritmul lui Euclid pentru determinarea celui mai mare divizor comun a două numere naturale, algoritm datînd de mai bine de două milenii.

Algoritmii au fost apreciați la justa lor valoare de-abia în algebră. Algoritmia ca teorie generală a algoritmilor a fost propusă de-abia în secolul trecut de Hoëné Wronski. Teoria algoritmilor este însă o creație contemporană, în care se remarcă lucrările lui A. A. Markov, A. Church, S. C. Kleene.

Prin algoritmul de rezolvare al unei probleme se înțelege lista operatorilor care, aplicați succesiv datelor inițiale ale problemei, conduc la rezultatul urmărit.

Fără a intra în detalii care pot fi urmărite în lucrări de specialitate, menționăm că, în cazul problemelor rezolvate, algoritmii sînt constituiți din două categorii de operatori : operatori de substituție, care substituie o dată alteia, conform unor reguli bine precizate, și operatori de identificare a situațiilor.

Pe baza situației identificate la un moment dat, se aplică, în continuare, un operator sau altul.

Desigur că în acest cadru general trebuie să se încadreze și algoritmii care se aplică în timpul funcționării sistemului nervos. Este probabil că una din cele mai semnificative perspective deschise de cibernetică este tocmai această interpretare a funcționării sistemului nervos. Deoarece însă activitatea acestui sistem este deosebit de complexă, algoritmii corespunzători vor fi, de asemenea, foarte complecși, deci greu de descifrat.

Așa cum au arătat, printre altele, și lucrările lui Ashby, în funcționarea creierului trebuie să se țină seamă și de factori aleatori. Aceasta înseamnă că sistemul nervos trebuie tratat și ca un automat aleator. În teoria automatelor aleatoare, contribuții importante au adus O. Onicescu și S. Guiașu.

În orice caz, descifrarea completă a algoritmilor corespunzători activităților de creație este încă într-o fază incipientă.

Inteligența artificială

Cu toate acestea, stimulați de posibilitățile mari ale calculatoarelor existente, numeroși ciberneticieni au abordat problema simulării, prin programe corespunzătoare a activității inteligente a omului. Pentru inteligență se poate adopta definiția dată de Binet, Stern și Claparède, conform căreia inteligența este funcția generală de adaptare la condițiile noi ale mediului.

Această interpretare este exterioară în sensul că nu explică mecanismul inteligenței. Spearman completează

această viziune, afirmînd că inteligența este operația generală de prindere a relațiilor și corelațiilor dintre lucruri și relații, sau, altfel spus, operația generală de surprindere a unor raporturi cu sens, cu înțeles.

Evident, o teorie cibernetică unitară trebuie să explice și noțiunea de sens.

În simularea inteligenței cu calculatorul, acesta are o comportare analogă comportării unei ființe inteligente care, implicit, gîndește; se vorbește atunci de „inteligență artificială", respectiv de „gîndirea artificială".

Activitatea în acest domeniu este extrem de bogată. O singură lucrare, apărută în 1963, cuprinde o bibliografie de peste 2 000 de titluri.

Nu este scopul prezentului studiu prezentarea exhaustivă a domeniului. Ne vom mărgini să arătăm ce îi este caracteristic și care sînt bazele teoretice ale inteligenței artificiale.

Punctul de plecare îl constituie constatarea că gîndirea este rezultatul activității creierului. Această structură materială își desfășoară activitatea aplicînd anumiți algoritmi care pot fi cunoscuți, cel puțin în parte. Chiar dacă avem de-a face cu un sistem evolutiv, așa cum arată cercetările lui M. Beliș, datele problemei nu se schimbă.

Dar algoritmii o dată cunoscuți, ei pot fi modelați și de alte structuri convenabile, în particular de calculatoarele digitale.

Acestea sînt bazele principale ale modelării pe calculator, a activității inteligente a creierului.

În ceea ce privește însăși inteligența artificială, este de observat că putem modela orice activitate, pentru care cunoaștem algoritmii.

În această ordine de idei, vom menționa activitatea de compunere de melodii, respectiv de orchestrare, de creare de ritmuri muzicale, de traduceri automate etc.

Jocul de șah a suscitat un interes deosebit, tocmai prin nimbul pe care îl are, de activitate intelectuală prin

excelență. Algoritmii propuși în această direcție nu sînt încă perfecți, dar progrese se fac continuu.

În unele cazuri, cum este traducerea automată, algoritmii pot fi specificați în detaliu. Din contră, în cazul jocului de șah, nu putem descrie algoritmic în detaliu comportarea unui mare jucător.

Aici intervin metodele noi ale euristicii; termenul euristică provine din elină, și înseamnă arta sau știința găsirii faptelor, a relațiilor; este legat de expresia *evrika* = am găsit, pe care legenda o atribuie lui Arhimede.

Punctul de plecare al euristicii, înțeleasă în sens contemporan, este psihologia.

Euristica oferă metode care permit ca, pe baza unor reguli practice, a unor strategii sau exemple, să se obțină mijloace simplificate — uneori de aplicabilitate limitată — pentru rezolvarea unor probleme complexe.

În general, euristica nu garantează obținerea unei soluții optimale: tot ceea ce poate ea afirma este că propune o soluție care, în cele mai multe cazuri, se dovedește a fi acceptabilă. Prin program euristic se înțelege un program utilizat pentru rezolvarea unor probleme euristice complexe.

Termenul de euristică a intrat în literatura de specialitate în legătură cu prelucrarea informației de către om, în special prin lucrările lui Newell, Shaw și Simon, care au introdus programele euristice ca unelte conceptuale și metodologice.

Tocmai de aceea, euristica apare în legătură strînsă cu procedeele umane de obținere, păstrare, prelucrare și regăsire a informației în cursul percepției, a gîndirii și, în general, în activitățile intelectuale superioare.

În cele ce urmează, ne propunem că trecem în revistă o serie de rezultate recente obținute de ciberneticieni în simularea activității superioare intelectuale, în particular prin metode euristice.

Perceperea artificială

O problemă elementară a inteligenței artificiale este recunoașterea formelor. Se știe că în psihologie problema formelor, respectiv a structurilor, joacă un rol important (Koehler).

Punctul de plecare al oricărui studiu privind transmiterea și prelucrarea informației este constituit de către traductoarele care asigură legătura între mediul din care provin informațiile și dispozitivul care prelucrează informația. Fără îndoială, aceste organe au un rol important în ceea ce se poate numi perceperea artificială.

Problema este strîns legată de recunoașterea automată a formelor. Studiile referitoare la aceste probleme datează de mai mult timp. După o epocă în care accentul s-a pus în principal pe o filozofie a structurilor, o dată cu apariția ciberneticii s-a trecut la realizarea unor mașini și dispozitive capabile de a recunoaște forme.

Problema generală a recunoașterii formelor poate fi formulată în modul următor: există o categorie de obiecte, avînd fiecare anumite proprietăți specifice. Aceste proprietăți specifice rezultă din combinarea, în anumite moduri, a unor proprietăți elementare, numite indici de recunoaștere. Se cere să se elaboreze metode cît mai eficace, care permit stabilirea unei corespondențe biunivoce între proprietățile obiectelor și existența sau inexistența anumitor proprietăți elementare.

Există posibilitatea de a atașa fiecărei forme o anumită formulă de structură care, în cele din urmă, poate fi redată printr-o combinație de numere binare, ce pot fi recunoscute automat. Problema recunoașterii formelor este deci redusă la stabilirea unei corespondențe între anumiți indici numerici și anumite proprietăți.

La noi în țară s-au făcut studii privind recunoașterea automată a fonemelor, realizîndu-se și anumite aparate

care permiteau recunoașterea automată a vocalelor (Nicolau, Gavăt, Stanomir).

În ultimii ani, cercetările efectuate în domeniul perceperii artificiale au progresat foarte mult, existînd astăzi aparate capabile să recunoască automat cifre scrise cu cerneală magnetică sau, în general, texte dactilografiate cu anumite tipuri de caractere. De asemenea, au progresat mult experiențele referitoare la recunoașterea automată a sunetelor vorbite.

Recunoașterea literelor scrise și a numerelor prezintă interes în special pentru aplicații practice, cum ar fi citirea automată a adresei pe plicuri, citirea automată a documentelor bancare etc.

Dificultatea fundamentală în recunoașterea formelor scrise constă în special în faptul că nu dispunem de definiții precise privind diferitele caractere alfanumerice. Dacă ne vom referi, de exemplu, la litera *a*, vom observa că adesea în scris unele persoane scriu această literă ca și cum ar fi litera *o* etc.

Cu toate acestea, aplicînd metoda indicilor de recunoaștere, s-au realizat mașini capabile să recunoască cifrele scrise de mînă, iar din datele publicate rezultă că astfel de mașini pot recunoaște pînă la 92% din cifrele prezentate.

Un pas înainte în această direcție s-a realizat cu ajutorul unor mașini de tip special, cum este perceptronul, la care mașina este capabilă să se autoinstruiască, stabilindu-și conexiunile interne, astfel încît ulterior să poată recunoaște forme care diferă în parte de etaloanele prezentate în timpul instruirii.

Scurt istoric al euristicii

Metodele de studiere a gîndirii au evoluat rapid în ultimele decenii. Înainte de apariția ciberneticii, eforturile erau orientate în special în două direcții : metoda

reflexelor condiționate (Descartes, Secenov, Pavlov) și metoda comportării (behaviorism).

În jurul anului 1950, s-a manifestat din nou un interes crescut prin înțelegerea proceselor mentale superioare — domeniu în care s-a manifestat Hebb (1945), prin lucrări referitoare la percepere și gîndire, Lashley în studiul mecanismelor limbajului (1951), Bruner și colaboratorii în studiul formării conceptelor.

Prin introducerea modelelor referitoare la prelucrarea informației se deschid perspective noi în ceea ce privește utilizarea ciberneticii în psihologie. Modelele erau prezentate sub formă de programe, denumite inițial programe euristice (de exemplu Newell, Shaw, Simon, 1957). În anul 1958 a avut loc la Teddington — Anglia — un simpozion privind mecanizarea proceselor de gîndire. Din însăși enunțarea temei acestui simpozion, rezultă progresul mare realizat în modelarea proceselor de gîndire prin trecerea de la micile mecanisme care permiteau efectuarea unor calcule elementare, la calculatoarele electronice mari, capabile de a efectua programe complexe.

Noile tehnici cibernetice permiteau psihologilor să-și comunice fără ambiguități modul lor de reprezentare conceptuală a activității mentale superioare. De asemenea, apărea posibilitatea de a compara modelul cu realitatea observată, programul corespunzător modelului fiind efectuat de un calculator electronic.

Succesele obținute de metodele euristice au făcut ca în anul 1966, la cel de-al XVIII-lea Congres internațional de psihologie, un simpozion să fie consacrat proceselor euristice în gîndire.

Euristica — stadiul actual

Introducerea programelor euristice ca o metodă de verificare a teoriilor psihologice ridică diferite probleme. Se poate afirma că, în general, conceptele și metodele

utilizate permit o descriere satisfăcătoare a unor procedee utilizate de om în desfășurarea unei anumite activități intelectuale.

La început s-a crezut că un program euristic, suficient pentru a genera prelucrarea informației într-un mod asemănător cu omul, constituie o teorie la fel ca oricare altă teorie psihologică.

„Dacă reușim în proiectarea unui program care simulează comportarea subiectului, cu suficientă exactitate, într-o gamă destul de largă de situații în care intervin rezolvări de probleme, atunci putem privi programul ca o teorie a comportării. Cît de mult vom aprecia teoria, depinde, ca la orice teorie, de generalitatea ei, ca și de posibilitatea ei de a fi aplicată unui domeniu mai larg de fenomene și, în același timp, de economicitatea expresiei" (Newell și Simon, 1961).

Această poziție originală scoate în evidență mai multe fapte. În primul rînd, programele euristice sînt considerate ca o formă utilă a teoriilor psihologice. De asemenea, sînt considerate ca o reprezentare directă a procedeelor detaliate și a regulilor deduse din cercetările umane, din regăsirea, codarea, generarea și luarea deciziilor în cursul activității intelectuale.

Aceasta înseamnă însă să confundăm deciziile psihologice de bază cu nenumăratele decizii arbitrare și cu nenumăratele detalii de programare necesare în realizarea unui program. Adoptate *ad literam*, poziția inițială implică faptul că modificarea unei instrucțiuni din program conduce la modificarea teoriei.

Dar necesitatea de a modifica programul infirmă teoria. Pe scurt, punerea semnului de egalitate între program și teorie duce la o considerabilă instabilitate teoretică. Aceasta cu atît mai mult cu cît, în momentul de față, există o penurie de programe capabile să exprime elementele cheie ale teoriilor privind prelucrarea umană a informației.

Un al doilea punct care se degajă din teoria originală se referă la considerarea descrierii sistemelor deduse drept componente ale teoriilor psihologice. Acest punct de vedere pare să fie acceptat nu numai de cei care construiesc modele ale prelucrării informației, dar și de alți specialiști.

Se poate afirma că datorită euristicii s-a făcut un efort important în descrierea componentelor sistemului de activități senzoriomotoare, cum ar fi, de exemplu, cîntatul la pian, înotul și scrisul. Aceste eforturi sînt utile, deoarece descrierile permit facilitatea obținerii unor sisteme complexe de îndemînări senzoriomotoare, la care, atunci cînd le obținem, în mod normal nu facem nici o referire la elemente anatomice, psihologice sau fiziologice. De asemenea, s-au efectuat eforturi susținute pentru activități pur intelectuale, cum ar fi jocul de șah sau unele activități matematice. În acest ultim domeniu, un program se referă la descrierea integrării. Programul se numește SAINT (Simbolic Automatic INTegrator) și permite efectuarea integralelor nedefinite cu ajutorul calculatoarelor digitale. Precizăm că nu este vorba de efectuarea unor cuadraturi numerice, pentru care există de mult timp programe chiar pentru calculatoare digitale mici, ci de o activitate cu mult mai complexă, care conduce la expresii literale.

Etapele calculului se dau, pentru fixarea ideilor, în unele lucrări de specialitate.

Numărul programelor euristice de care se dispune astăzi este relativ mare. Astfel, s-au realizat programe pentru rezolvarea problemelor de geometrie sintetică, pentru probleme de logică matematică (programul LT, Logic Theoretic, elaborat pentru mașina JOHNNIAC), programe specializate pentru a răspunde la întrebări privind un anumit domeniu, cum e programul „Baseball" care dă fapte și cifre privind meciurile jucate între diverse echipe etc. În cele ce urmează menționăm alte programe.

Programul SAD SAM (Sentence Appraiser and Diagrammer and Semantic Analysing Machine) permite mașinii să răspundă la întrebări ce i se pun în Basic English.

Programul EPAM (Elementary Perceiver and Memorizer) permite perceperea și memorarea anumitor forme.

Programul GPS (General Problem Solver) constituie o încercare de modelare a proceselor de gîndire.

Programul IPL-V (Information Processing Language V) permite prelucrarea simbolurilor și a grupurilor de simboluri. S-au propus, de asemenea (D. A. Pospelov), metode euristice pentru controlul efectiv al unor procese complexe.

Concluzii și perspective

Este indiscutabil faptul că cibernetica a deschis perspective noi interpretării și înțelegerii activității intelectuale superioare. Teoria modelelor a jucat în aceasta un rol important. În special, datorită neurocibernetici s-au elaborat modele de rețele neuronale capabile de a explica numeroase forme de activitate nervoasă și intelectuală. Totuși, datorită cunoașterii încă incomplete a proprietății neuronilor, aceste modele reprezintă doar o aproximare, uneori prea simplificată, a realității.

Evident, toate aceste modele neuronale pot fi simulate pe calculatoare digitale, ținînd însă seama de limitările impuse de necunoașterea completă a rețelelor neuronale reale.

În aceste condiții, metodele euristice se impun în etapa actuală de dezvoltare a științei. Chiar dacă ele merg uneori pe alte căi decît acelea întîlnite în sistemele nervoase reale, programele euristice aruncă o lumină puternică asupra activității mentale superioare.

Este posibil ca metodele euristice, întîlnite azi în special în domenii speculative, să-și găsească în curînd aplicații importante și în domenii practice, cum ar fi unele

probleme complexe ale economiei concrete, căci nu trebuie uitat nici un moment faptul că în toate situațiile reale omul este factorul esențial care decide. Deoarece în condițiile actuale complexitatea problemelor de economie concretă este deosebit de mare, pare firesc a propune utilizarea metodelor euristice în rezolvarea lor.

Considerăm, de asemenea, că metodele euristice vor cunoaște o dezvoltare și mai mare, în momentul în care, alături de metodele stocastice, vor ține seama în modelare și de categoria de algoritmi numiți „vagi" (Zadeh L.).

Euristica reprezintă, în momentul de față, un instrument puternic de înțelegere a unor activități complexe. Este posibil și necesar ca aceste metode să-și dovedească eficacitatea și în rezolvarea unor probleme practice. Fostul campion mondial la șah, M. Botvinnik, arată că între șah și planificarea economică pe termen lung există anumite legături de natură euristică.

CREIERUL ÎN ECUAȚII ȘI CIRCUITE ELECTRONICE

Printre direcțiile de dezvoltare a științei, care cu un deceniu în urmă debutau timid, dar care astăzi sînt în plin avînt, se numără și neurocibernetica, adică știința care interpretează funcționarea creierului din punctul de vedere al ciberneticii. Numeroase date de electrofiziologie și de neuropatologie au putut fi interpretate de cibernetică. În esență este vorba de un proces amplu, care își propune să explice funcționarea sistemului nervos începînd cu neuronul, continuînd cu rețelele neuronale simple și terminînd cu creierul și întreg sistemul nervos. Într-un anumit fel, este o poziție analogă celei adaptate în științele fizice și chimice, unde, plecînd de la studiul atomilor, se încearcă să se explice proprietățile tuturor corpurilor.

Dar să revenim la obiectul nostru, redînd o viziune mult simplificată a neuronului.

Sistemul nervos al omului, ca și al animalelor inferioare, este format dintr-un număr foarte mare de *neuroni*, după cum se numesc celulele nervoase. Astfel, numai în creier se întîlnesc aproximativ 14 miliarde de neuroni.

Dimensiunile neuronilor sînt variabile, după cum în parte este variabilă și forma lor. La neuron se distinge un corp central, care în sistemul nervos al omului are dimensiuni de ordinul a 10-50 microni. Din corpul nucleului ies anumite prelungiri, numite *dendrite*. O prelungire specială, mai lungă, se numește *axon*.

Neuronii comunică între ei, în general axonul unui neuron terminîndu-se pe dendritele sau corpul altui neuron. Contactul între neuroni se realizează prin anumite formații anatomice speciale, numite *sinapse*.

În ceea ce privește complexitatea sistemului nervos, ea este impresionantă, deoarece numărul sinapselor pe care le are un neuron este foarte mare, putînd atinge în unele cazuri chiar numere de ordinul miilor. Se înțelege ușor cît de mare este numărul maxim de legături posibile între toți neuronii din sistemul nervos central al omului.

Din punct de vedere cibernetic, orice neuron poate fi considerat ca un sistem de telecomunicații care, prin intermediul sinapselor, primește informație de la alți neuroni. Semnalele primite sînt prelucrate în interiorul neuronului, informația rezultantă transmițîndu-se apoi, prin axon, spre alte formații ale organismului. Astfel, unii neuroni comunică prin sinapse cu alți neuroni. Există însă și cazuri în care semnalele de la un neuron se îndreaptă spre un mușchi căruia îi comandă contracția, sau spre o glandă căreia îi comandă secreția.

În ceea ce privește informația care sosește la neuroni, ea este vehiculată cu ajutorul unor substanțe chimice.

Fenomenele care au loc în interiorul sinapsei sînt complexe, iar studiile făcute cu ajutorul microscopului electronic au arătat că la o sinapsă există mai multe formații. Pe de o parte, sinapsa este mărginită de membrana neuronului de la care vine informația (așa-numita membrană presinaptică), iar pe de altă parte, este mărginită de membrana neuronului la care sosește informația (așa-numita membrană postsinaptică).

Membrana presinaptică eliberează acetilcolină în spațiul sinaptic. Aici substanța începe să difuzeze, la fel după cum moleculele unei bucățele de zahăr pusă în apa dintr-un pahar difuzează în apa respectivă, îndulcind întregul pahar.

Numai că în sinapsă apare și un fenomen contrar. Anume, în interiorul sinapsei există și o substanță specială, o contrasubstanță, care distruge intermediarul chimic ce transportă informația de la un neuron la altul.

Rolul acestei substanțe este foarte important la transmiterea informației în sistemul nervos, deoarece, fără contrasubstanță, substanța activă ar rămîne mereu în sinapsă și neuronul ar fi mereu excitat. Cu alte cuvinte, nici nu s-ar mai putea produce o transmitere de informație, sistemul nervos fiind în permanență blocat.

Moleculele de acetilcolină, o dată ajunse la membrana postsinaptică, se fixează de această membrană printr-un mecanism clarificat numai în parte, și prin aceasta provoacă apariția unor semnale electrice pe membrana neuronului respectiv. Potențialul electric care se dezvoltă aici este, evident, cu atît mai mare, cu cît se fixează mai multe molecule pe membrană. În general, potențialele electrice care se dezvoltă sînt foarte mici, de ordinul miimilor de volt.

Semnalele electrice care apar în anumite puncte de pe membrana corpului neuronal se propagă apoi pe suprafața neuronului, însumîndu-se. Dacă suma lor depă-

șește o anumită limită, atunci pe axonul neuronului excitat apar niște impulsuri electrice de amplitudine relativ mare, de ordinul zecilor de milivolți. Aceste impulsuri electrice se transmit apoi pe axon spre alți neuroni.

Cu alte cuvinte, se poate spune deci că axonul prezintă canalul de comunicație între neuroni.

În general, viteza de propagare a semnalelor electrice pe fibrele nervoase este de ordinul a cîțiva metri pe secundă, cel mult a cîțiva zeci de metri pe secundă. Pentru a ilustra cît de mică este viteza de propagare a semnalelor electrice de-a lungul sistemului nervos, se poate întrebuința următoarea comparație.

Să admitem că pe Pămînt se află un copil care are mîna atît de lungă, încît ea poate ajunge pînă la Soare. Jucîndu-se, copilul atinge Soarele și se arde la mînă. El vede aceasta, dar nu simte nici o durere, pentru că semnalele nervoase se propagă foarte încet. El va simți durerea abia cînd va fi moșneag.

În general, acest gen de propagare a semnalelor nervoase din aproape în aproape pe fibra nervoasă se întîlnește la ființele inferioare.

Dar în cazul mamiferelor superioare, la care dimensiunile corpului sînt mari, întîrzierea care rezultă din viteza mică de propagare a semnalelor nervoase nu este admisibilă. Desigur că s-ar putea merge pe linia de a mări diametrul fibrei nervoase. În acest caz, pentru a avea o întîrziere de numai o zecime de secundă între momentul în care ne înțepăm la extremitatea piciorului și momentul în care simțim înțepătura respectivă, ar fi necesar ca nervul sciatic să aibă grosimea unui braț de om. În concluzie, această soluție nu este acceptabilă.

Natura a realizat o soluție mai bună, creînd un nou sistem de transmitere a informațiilor de-a lungul fibrelor nervoase. Este vorba de învelirea fibrelor nervoase cu o teacă specială izolantă, alcătuită dintr-o substanță nu-

mită mielină. De-a lungul acestei fibre există din loc în loc anumite întreruperi, numite noduri. La fibrele mielinice propagarea semnalelor nervoase nu se mai face din aproape în aproape, ci prin salturi, din nod în nod, fiecare nod acționînd ca o stație releu. Viteza de propagare a semnalelor pe fibrele mielinice este sensibil mai mare decît în cazul fibrelor lipsite de mielină, chiar și la fibre subțiri.

În ceea ce privește semnalele care apar pe axon, ele se caracterizează prin aceea că au amplitudinea constantă, indiferent de amplitudinea excitației — cu condiția ca excitația să depășească o anumită valoare prag.

Dar trebuie avut în vedere faptul că frecvența de repetiție a impulsurilor nu este constantă ci ea variază în funcție de intensitatea excitației. Cu alte cuvinte, informația este transmisă de-a lungul axonului de către frecvența de repetiție a impulsurilor.

Odată ajunse la extremitatea axonului, la o nouă membrană presinaptică, semnalele electrice provoacă apariția pe membrana presinaptică a unui potențial electric care variază în mod continuu, în funcție de frecvența de repetiție a impulsurilor. Acest potențial este însoțit de eliberarea de aceticolină în fanta sinaptică.

Iată cum are loc transmiterea informației într-un neuron tip.

Constatăm cu această ocazie că, în fond, în sistemul nervos întîlnim numai neuroni. Aceasta face ca să putem afirma că în sistemul nervos informația ne apare fie sub forma unor semnale chimice, fie sub forma unor semnale electrice. Din acest punct de vedere, întregul sistem nervos este alcătuit din alternarea unor dispozitive chimice (sinapsele) cu o serie de dispozitive electrice (corpul neuronului și axonul).

S-a stabilit și o schemă logică echivalentă pentru neuron (C. Bălăceanu și Edm. Nicolau).

Studii recente arată că neuronul are o serie de dispozitive care păstrează anumite urme ale semnalelor care au sosit la neuroni. Este probabil că neuronul să fie prevăzut cu mai multe dispozitive de memorie, unele acționînd un timp relativ scurt, iar altele un timp relativ lung, în ultimul caz fiind vorba de modificări ale substanțelor chimice din corpul neuronului.

Modelarea neuronului înseamnă parcurgerea unor etape obligatorii: stabilirea ecuațiilor care descriu fenomenele în cauză; realizarea unor circuite electronice corespunzătoare. Desigur că în această direcție s-au realizat progrese esențiale, dar sîntem încă departe de a cunoaște toate fenomenele și toate ecuațiile care descriu neuronul — cu atît mai mult sistemul nervos în ansamblu. Ca să avem o idee, putem afirma că atunci cînd se încearcă a se modela toate funcțiile informaționale ale unui neuron, se ajunge la un rezultat surprinzător: fiecare neuron este echivalent cu un calculator. Creierul ar fi deci echivalent cu un uriaș centru de calcul, avînd zeci de miliarde de calculatoare.

Nu trebuie să credem însă că aceasta este singura cale de rezolvare a problemei. De exemplu, apar modalitățile euristice, de care s-a amintit anterior.

Ca problemă încă nerezolvată, amintim de eventuala participare activă a nevrogliei, după cum se numește țesutul în care se află neuronii.

Fără îndoială că în domeniul neurocibernetici se pot cerceta numeroase aspecte încă neelucidate complet. Dar nu este mai puțin sigur faptul că cibernetica a pus pe baze ferme concepția fundamentală conform căreia toate procesele nervoase pot fi interpretate ca o activitate informațională ce are loc în structura materială a sistemului nervos.

În evoluția omului apar două date critice : prima este cea care se referă la separarea liniei ce duce de la hominizi la strămoșii noștri direcți, și cea care duce la maimuțele pongoide ; cea de a doua este chiar data originii lui *Homo sapiens* însuși. Originea liniei hominizilor se cifrează la milioane de ani — de la 5 la 30. Pentru *homo sapiens*, datele variază între 20 000 și 100 000 de ani.

Multă vreme cel mai vechi hominid a fost *Pithecanthropus erectus*, descoperit în Java de către Eugène Dubois, și care se situează între 0,5 și 1 milion de ani vechime.

Australopithecii din Africa de Sud utilizau și ei unelte și aprindeau focul acum un milion de ani. Se cunosc, de asemenea, descoperirile din Africa de Est, efectuate de L. S. B. Leakey, care arată că ființe asemănătoare omului existau de cîteva milioane de ani.

Mai de curînd, descoperirea depozitelor de la Siwalik, în Pakistanul de Vest, pun în evidență hominidul *Ramapithecus pungalicus*, care exista atît în Pliocenul timpuriu cît și în Miocenul tîrziu. Deși urmele descoperite sînt doar dinți și fragmente de mandibule, antropologii au putut stabili că e vorba de hominizi și nu de maimuțe. E cazul să arătăm că dentiția omului diferă în mod frapant de antropoidele neumane. Miocenul situîndu-se acum 10 milioane de ani, Ramapithecus apare clar ca primul hominid.

Apariția speciei sau speciilor Homo sapiens este încă mai greu de datat avînd în vedere raritatea fragmentelor găsite. Craniul de la Swanscamble, cu o vechime de 100 000 de ani, pledează pentru apariția speciei în cauză în Pleistocenul de mijloc.

Descoperiri recente efectuate de Richard Leakey în Etiopia, au condus la descoperirile a trei cranii denumite

Omo I, II și III, care sugerează că Homo sapiens prospera în Africa departe în Pleistocen.

Caracteristicile unuia din aceste cranii arată că el se situează între Homo erectus și omul de tip modern Cro-Magnon, adică este tocmai veriga ce lipsea.

BĂTĂLIE ÎN JURUL UNOR INIMI

Progresele recente ale tehnicii chirurgicale au condus la o fază neașteptată a luptei omului cu maladia, mai exact la transplantul de cord. Experiență temerară, extrem de spectaculară, seria transplantelor de cord a pătruns în presa mondială prin operațiile dr. Cristian Barnard, care a înlocuit primul inima unor pacienți umani. Desigur, în prealabil tehnica propriu-zisă fusese pusă la punct cu minuțiozitate, prin numeroase experiențe efectuate pe animale. Ca în numeroase alte cazuri, operațiile acestea au condus la vii discuții, legate, printre altele, de importanța magică acordată de milenii cordului. Cordul era considerat sediul vieții, al sufletului și bătaia inimii este încă un semn juridic al vieții, încetarea ritmului cardiac fiind acceptat ca semn clinic al morții. Iată însă că îndrăzneții chirurgi, aliați cu alte tehnici dintre care electronica joacă un rol esențial, vin și aruncă peste bord toate aceste concepte. Inima este un organ neesențial pentru ființa intimă a omului — sediul personalității fiind creierul. Inima se poate schimba la fel ca și rinichiul sau alt organ. Nu ritmul cardiac trebuie adoptat ca semn clinic al morții, ci prezența undelor cerebrale.

Fraze ce arată o profundă schimbare de mentalitate, legată de schimbarea unor concepții mitice, de posedarea unor tehnici mai perfecționate de depistare a acelui prag ce separă viața și moartea. Desigur, nu este necesar să reamintim de valul de experiențe de transplant

efectuate în multe țări de pe glob, nici de popularitatea de care s-a bucurat la timpul său dr. Philip Blaiberg, faimosul om care a trăit 18 luni cu o inimă transplantată. Astăzi, decanul de vîrstă al bolnavilor cu inimă grefată este profesorul Louis Russel din Indianopolis, care a fost operat la 24 august 1968 și care duce acum o viață normală. Continuă să funcționeze ca profesor în orașul său, face zilnic jumătate de oră exerciții cu bicicleta, mănîncă fără nici un fel de restricții și chiar fumează — împotriva avizului medicilor săi. El ține și numeroase conferințe publice, onorariile fiind vărsate, la cererea sa, în contul Asociației Americane pentru Sănătate. El a primit inima unei „donatoare" de 17 ani.

Înainte de a trece la alte comentarii, să dăm cîteva date statistice. Pînă în luna septembrie a anului 1970, în întreaga lume se efectuează cca. 170 de transplante cardiace, iar numărul celor care supraviețuiseră era de cca. 30. Este deci clar că nu stăpînim procesul transplantării de cord — la fel după cum nu stăpînim nici transplantele de organe în general.

În decembrie 1970, Emmanuel Vitra, pacientul care în anul 1968 a fost supus unei operații de transplant de cord, în Franța, a sărbătorit doi ani de cînd trăiește cu o nouă inimă. Cu această ocazie, el a parcurs un tur pe un stadion — în aplauzele a 50.000 de persoane.

Vitra reprezintă un caz fericit, în care organul transplantat nu a fost respins de organism. Dar astăzi respingerea este încă regula, iar acceptarea — cazurile rare, cel puțin în grefele cardiace, și nu numai în aceste cazuri. Statisticile sînt descurajante. Pînă în luna mai 1970 se efectuează 159 transplanturi de cord de către 59 de grupuri de medici. Marea majoritate a operațiilor se efectuaseră în anul 1968: 114 intervenții chirurgicale. În anul 1969 numărul transplanturilor de cord fusese doar de 13, iar în 1970 numărul lor scăzuse la 6. Această scădere reflectă randamentul foarte coborît al transplan-

turilor, ca și efectul unor legi mai categorice în ceea ce privește stabilirea momentului clinic al morții — problemă decisivă pentru efectuarea transplantului.

În ceea ce privește supraviețuirea celor cu transplant de cord, cifrele sînt următoarele: 85 la sută din cei operați au decedat în primele trei luni de la efectuarea transplantului; jumătate din supraviețuitori au murit în următoarele trei luni. Peste un an au supraviețuit doar 7 la sută din cei operați și doar 1 procent a trecut de un an și jumătate. Randamanetul este, încă, deosebit de scăzut. Dar lucrurile nu trebuie să ne mire, fiind la începutul unui nou drum. Amintim, cu titlul de curiozitate că la începutul revoluției științifice și tehnice randamentul mașinilor electrice era cam de același ordin de mărime — astăzi apropiindu-se însă de sută la sută.

Problemele care se pun la legătură cu transplantele de organe sînt numeroase și de naturi diferite: biologice, medicale, juridice.

În transplantările de organe apare uneori fenomenul de respingere. Nu știm încă de ce organismul respinge uneori propriile sale organe. O mînă tăiată accidental și apoi grefată la propriul său posesor este adesea respinsă de organism. Cu atît mai vehement sînt respinse grefele de ficat, plămîn și chiar rinichi, cînd donatorul este străin. Este o problemă biologică importantă, a cărei soluționare poate duce la crearea „băncilor de organe".

Respingerea apare și în cazuri simple. Dacă o persoană pierde un dinte prin traumatizare, dintele poate fi repus la loc. Dar organismul îl tratează ca pe un corp străin și, în cîțiva ani, îl respinge.

Putem însă avea certitudinea că, la fel după cum s-a pus la punct tehnica transfuziilor sanguine, la fel se va stăpîni și tehnica transplantelor de organe.

Dar apar și probleme etico-legale. Cînd este cineva mort spre a i se putea prelua un organ vital?

Consiliul pentru Organizarea Internațională a Științei Medicale, sub auspiciile Organizației Mondiale a Sănătății, a stabilit, în iunie 1968, la Geneva, că omul poate fi considerat ca mort — pentru ca, în consecință, să poată deveni eventual un donator — numai după „încetarea completă și ireversibilă a funcției cerebrale." În conformitate cu hotărîrile Consiliului, în acest scop se utilizează cinci criterii: lipsa oricărui răspuns la stimuli; abolirea completă a reflexelor și pierderea tonusului muscular; încetarea respirației spontane; căderea bruscă a presiunii sîngelui arterial — dacă nu e menținută artificial; în final, o electroencefalogramă complet plată.

Dintre aceste teste, ultima este cea mai importantă, multe autorități medicale considerînd că o electroencefalogramă complet plată timp de cel puțin 30 de minute este o indicație a morții creierului și a sistemului nervos central.

Cercetări recente arată însă că nici aceste criterii nu sînt satisfăcătoare decît într-o proporție de 99,99 procente. Dr. Mardechai Shalit de la Centrul Medical Universitar din Ierusalim a prezentat însă unele cazuri clinice în care cele cinci criterii s-au dovedit inoperante, criteriile fiind satisfăcute, dar pacientul avînd o comă profundă fără a fi mort. Situații analoge au fost semnalate de medici de la Colegiul Medical al Universității Carnell și de la New York Hospital. Se menționează cazul unui pacient la care electroencefalograma a fost plată timp de 28 de zile. Se cere deci instituirea unei noi probe a morții și anume evoluarea consumului de oxigen al creierului.

SINTEZA VIEȚII

Concepțiile vitaliste sînt de mult perimate, ocupînd doar un loc în muzeul ideilor depășite. Pentru omul de

bună credință, materialitatea tuturor proceselor vitale este evidentă. Totuși, mai lipseau cîteva elemente, însă neesențiale, în demonstrarea completă, etapă cu etapă, a tuturor verigilor, e drept, de detaliu. Astfel, unul din argumentele care mai puteau fi aduse, era următorul: nu s-a realizat încă sinteza unei ființe vii. Este adevărat, o astfel de sinteză încă nu s-a realizat complet, dar nu sîntem departe de ea. Dosarul problemei e încă deschis, dar toate probele pledează puternic pentru iminenta sinteză a vieții.

Nu de mult, biologii englezi Robert Edwards și Patrick Steptoe au reușit prima experiență de declanșare a procesului care duce la apariția unui *homunculus*. Cu alte cuvinte, au reușit, în condiții de laborator, in vitro, fecundarea unui ovul uman cu ajutorul unui spermatozoid uman. Mai mult, au reușit să mențină un timp în viață acest ovul fecundat, urmărindu-i evoluția normală, demonstrînd astfel că nimic necontrolabil sau nematerial nu intervine în aceste procese atît de specific vitale. Precizăm că aceste experiențe sînt certe și reproductive, spre deosebire de tentativele mai vechi și neatestate ale italianului Petrucci.

Desigur că problema este de-abia la început și sîntem departe de apariția unui adevărat homunculus. Dar procesul prevăzut de mai de mult a fost declanșat. Trebuie însă să remarcăm că această experiență nu este total satisfăcătoare pentru cutezanța savanților contemporani: viața trebuie sintetizată plecînd de la substanțe chimice, căci, așa cum vom vedea, definiția vieții este încă o problemă discutabilă. Biologia a beneficiat din plin de noile concepte cibernetice. Organismul viu este astăzi înțeles ca un sistem avînd anumite specificități, iar importanța informației pentru fenomenul viață este esențială. Iată de ce se vorbește tot mai mult de codul genetic, iar conceptul de informație are în biologie o importanță crescîndă.

În legătură cu fenomenele particulare, în ultimul timp biologia a înregistrat realizări spectaculoase, unele dintre ele fiind, pe drept cuvînt, pietrele de hotar în istoria științei. Și tocmai aceste fapte particulare pot arunca o lumină mai clară asupra conceptelor generale. În stadiul actual de dezvoltare a biologiei și a cibernetici, este indicat să analizăm temeinic faptele individuale, înainte de a trece la generalizări. Vom descoperi astfel că fiecare formă de viață se caracterizează prin proprietatea de autoreproducere. Există o informație conținută în ființa vie, care în anumite condiții permite acestei ființe să se reproducă. Știm astăzi că această informație este conținută în acizii nucleici. În jurul acestor acizi se află proteinele, de asemenea specifice. Dualitatea acizi nucleici-proteină pare a caracteriza viața așa cum este ea cunoscută pe planeta noastră și o întîlnim în cazul tuturor organismelor vii.

Dar să revenim la sinteza vieții. Tezele de plecare sînt simple: viața fiind activitatea unor sisteme cu o structură chimică bine precizată, este suficient să sintetizăm aceste structuri pentru a sintetiza viața însăși. O teză în aparență simplu de realizat — dar care se lovește de dificultăți importante atunci cînd este privită în detaliu. Să luăm un singur exemplu, acela al hemoglobinei-proteină care asigură căraușia oxigenului în sînge. Pentru a construi un model tridimensional al hemoglobinei, dr. Makio Murayama din Washington a lucrat șase ani și jumătate, căci la omul adult această proteină se compune din două lanțuri numite alfa și din două lanțuri beta, fiecare fiind format din cîte o secvență avînd circa 150 de acizi aminați. Mici modificări în structura aceasta complexă duc la maladii importante — unele ereditare — cum ar fi anemia cu hematii falciforme. Sinteza organică dispune însă astăzi de instrumente puternice. Din momentul în care Wöhler a realizat sinteza ureii și pînă astăzi, chimiștii au parcurs

un drum lung. Proteinele sînt edificii complexe, avînd greutăți moleculare mari — între 5 750 și 150 000 — ceea ce exprimă tocmai marele număr de atomi care intră în compoziția lor. Cea mai simplă proteină pare a fi insulina — care e atît de simplă, încît s-a acordat un premiu Nobel lui Sanger și colegilor lui de la Cambridge care i-au stabilit formula structurală. A urmat apoi cursa sintezei. În noiembrie 1965, specialiștii chinezi au realizat sinteza totală a insulinei de bou, iar în ianuarie 1966, Katsoyannis, Tomesko și Clyde Zalut, de la Laboratorul național din Brookhaven, au realizat sinteza totală a insulinei umane.

Precizăm că aceste sinteze se realizează plecînd de la insulina naturală care este desfăcută în fragmente inactive, fiind apoi reasamblate în edificiul caracteristic. Așadar, este ușor de enunțat în cuvinte, însă e foarte greu de realizat în practică. Cursa „viață în piese detașate" a continuat, trecîndu-se la celule și la viruși. Nu ne aflăm totuși în stadiul de a sintetiza celulele — dar la acestea putem realiza grefe deosebit de interesante. În plus pe viruși putem descompune și recompune, operînd ca la jocurile de cuburi. De unde obiecțiile privind caracterul de ființe vii al virușilor.

În anul 1965, prof. Henry Harris și dr. J. F. Watkins de la Sir William Dunn School of Pathology (Oxford) au pus la punct o metodă care permite fusiunea a două celule provenind de la specii foarte diferite, fabricînd astfel celule hibride perfect viabile.

Tehnica utilizată pornește de la celule preluate de la animale sau de la celule cultivate în laborator, care celule sînt puse în prezența unui virus inactiv, numit Sendai. Rolul acestui virus este de a activa procesul. Virusul atacă celulele și amorsează fusiunea lor. Celulele atacate se adună în agregate mari, după care se unesc. Trecute în medii de cultură, celulele proliferează.

De unde la început celulele unite aveau doi nuclei, după diviziunea celulară se ajunge la celule cu nucleu unic și care se dovedesc a fi foarte vitale.

S-au putut realiza încrucișări între celule maligne nediferențiate, dar și între celule foarte diferențiate — ca limfocite și globule roșii — ele putînd aparține omului și puiului de găină, șoarecelui și broaștei.

Se crede că aceste experiențe vor deschide noi direcții de cercetare în depistarea virusului cauzal, a suprimării malignității unor celule și chiar la imunitatea contra cancerului.

Experiențele arată că, după ce vine în contact cu citoplasma celulei gazdă căreia i s-a eliminat nucleul, noul nucleu de celulă roșie își mărește volumul și în 41 de ore își dublează conținutul de ADN. Ceea ce dovedește, într-un anumit sens, caracterul universal al codului genetic înscris în moleculele purtătoare de informații. Este cazul să amintim că marele fizician James Maxwell — creatorul teoriei cîmpului electromagnetic și descoperitorul undelor electromagnetice — a avut preocupări multiple. Cu cercetările sale adesea s-a apropiat de conceptul de informație, pe care însă nu l-a descoperit. Pentru el era inexplicabil cum ovulul fecundat poate conduce la ființa adultă atît de complexă. Dificultatea provenea din viziunea eronată a savantului asupra nivelului molecular: el considera ovulul ca o regiune cu o organizare haotică — și nu ca o structură purtătoare de informație. Eroare explicabilă dacă ne gîndim la contribuțiile lui Maxwell în domeniul teoriei molecular-cinetică a gazdelor.

Dar să revenim la viruși. Așa-numitul T-4 este caracterizat printr-un cap mare, un corp tubular și fibre caudale, care amintesc de picioarele unei muște, pentru a întrebuința cuvinte uzuale la scara umană. Dimensiunile sale sînt mici — 0,3 miimi de milimetru —

dar structura sa este complexă, ADN-ul său avînd mai mult de 100 de gene, adică de purtătoare de informație. Mult mai simplu este „mozaicul tabacului", așa-numitul TMV, care e doar un cilindru de proteine, cu diametrul de cca 0,015 microni, axa sa fiind ocupată de un filament de acid ribonucleic (ARN), care are numai 5 sau 6 gene. Într-o serie de experiențe, Wiliam Wood și R. S. Edgar au reușit să demonstreze și să reconstruiască, in vitro, virusul T-4. Un alt erou al acestei aventuri a cercetărilor este Phix 174, unul din cei mai mici viruși cunoscuți. Învelișul său proteic este un simplu icosaedru, iar ADN-ul său are, de asemenea, o structură simplă, în inel. Precizăm că virușii nu se pot înmulți decît în interiorul celulelor vii. De exemplu, acest Phix-174, ca și T-4, infectează și ucide colibacilul. Dacă Phix-174 inserează inelul său de ADN în bacilul Escherichia Coli, în bacil se dublează lanțul de ADN, care fabrică apoi virusul întreg — pe socoteala gazdei — care în același timp e distrusă. Și acest proces fundamental al dublării inelului de ADN viral a fost reprodus, in vitro, de către Arthur Kornberg și de Goulian.

Cu aceasta s-a demonstrat posibilitatea sintetizării unei ființe vii, deoarece s-au putut sintetiza atît proteinele, cît și acizii nucleici — cu toate detaliile structurilor lor — și, în plus, s-au realizat și asamblările acestor „cărămizi" ale vieții.

Ar fi însă o greșeală să credem că aceste sinteze sînt simple. Chiar și ridicarea unei hărți genetice este un lucru complicat. Iată un exemplu. La bacteria Escherichia Coli, metabolismul lactozei, adică asimilarea zahărului de către bacterii, se bazează pe mai multe gene. Trei gene structurale sînt numite convențional *z*, *y*, *a* și comandă sinteza a trei proteine ce sînt implicate în această operație. La aceasta se adaugă trei gene regulatoare, numite *i*, *p*, *o*, care sînt regulatorul, promotorul și operatorul, care au rolul de a declanșa sinteza la mo-

mentul dorit. În ordinea *c, p, o, z, y, a,* cele șase gene adiacente constituie o unitate funcțională, și anume, *operonul* lactoză.

Gena regulator *i* codează fabricarea unei molecule proteice numită *represor.*

Atunci cînd nu există lactază care să fie degradată, represorul se fixează pe operatorul *o,* ceea ce are drept rezultat că genele adiacente *z, y, a,* rămîn inactive. În prezența lactozei, un inductor se lipește de represor, îi modifică forma și îl împiedică să blocheze operatorul. Ca urmare, genele structurale comandă fabricarea proteinelor.

Represorul a fost izolat în 1966, de către Walter Gilbert și Benno-Müller-Hill.

Și acum, o mică discuție și cîteva perspective. Uneori se neagă virușilor caracterul de ființă vie pentru simplul motiv că ei nu se pot reproduce decît în celule vii. Este un punct de vedere discutabil. Pentru unii biologi, sînt ființe vii numai acele sisteme capabile de a se autoreproduce printr-un mesaj care să conțină toată informația necesară dezvoltării ființei adulte cum este, de pildă, ovulul fecundat. Remarcăm în treacăt importanța din ce în ce mai mare în biologie a noțiunii de informație și constatăm încă o dată continua rafinare a noțiunilor cu care operăm, pe măsură ce progresăm în cunoaștere. Și, în fine, perspectivele. Cunoașterea codului genetic ne permite să ne gîndim la proiectarea, la programarea unor ființe vii, cu proprietăți date.

Pași importanți s-au și realizat în noiembrie 1969, cînd John Beckwith izola pentru prima dată o genă, iar în luna iunie a anului 1970, prof. Gobind Kharaba — premiul Nobel — a realizat la Universitatea din Winscosin, pentru prima dată, sinteza artificială a unei gene. Astfel, lanțul dovezilor devine complet: biologii au demonstrat experimental că pot sintetiza proteine, acizi nucleici — respectiv gene — și că pot asambla aceste

elemente spre a realiza ființe vii. Este drept, demonstrațiile sînt încă parțiale. Dar ceea ce s-a realizat este, totuși, epocal.

După Marshall W. Nirenberg, în următorii 5 ani se va putea programa o bacterie, iar într-un sfert de secol, celule complexe. Să constatăm, în încheiere, că știința a început să realizeze cu succes un proiect temerar: proiectarea și montarea ființelor vii. Prin aceasta și funcția creatoare a omului va căpăta o nouă dimensiune. Pînă atunci însă, va continua dezvoltarea unei funcții mai vechi: dirijarea eredității, domeniu în care, de asemenea, s-au înregistrat progrese spectaculare. Și astfel omul se află pe un nou prag: ajuns la esența vieții, el se poate gîndi la proiectarea unor ființe vii, cu calități date.

INEPUIZABILUL ELECTRON

Într-o formulare devenită azi clasică, Lenin a vorbit despre inepuizabilitatea electronului, exprimînd prin această formulă ideea că materia este inexhaustibilă, că pe măsură ce o studiem îi descoperim noi calități. Și, în adevăr, întreaga istorie a microcosmului dovedește această teză.

Nu e cazul să reluăm etapele descoperirii acestei lumi neobișnuite constituită de lumea subatomică, dar e totuși necesar să arătăm că și aci, pe măsură ce faptele se acumulează, omul reușește să descopere legități certe. E drept, unele din aceste legi diferă complet de cele cu care ne-am obișnuit la scara fenomenologică, dar nu putem noi obliga realitatea să se plieze la ideile noastre despre ea, ci invers, concepțiile noastre trebuie să devină adecvate realității.

Ideea esențială formulată de Democrit și Leucip se referea la existența unor constituenți elementari, indivizibili ai materiei, așa cum arată însuși cuvîntul atom.

S-a constatat însă repede că ceea ce fizica secolului al XIX-lea a considerat ca fiind atomul indivizibil, de fapt era un edificiu complex, la care, într-o primă aproximare, s-a detectat un nucleu central şi un roi de electroni în jur. Legile descoperite arătau că electronii se comportă complet diferit de corpurile încărcate pe care le observăm la scara noastră.

Astăzi s-a pus în evidenţă o structură a nucleului, s-au descoperit numeroase particule elementare, unele stabile, altele nu, şi care se comportă diferit de electroni. Sîntem conduşi să admitem existenţa unor nivele calitativ diferite de organizarea materiei. S-au pus în evidenţă, pînă în prezent, mai multe nivele, ce se manifestă la o anumită scară a distanţelor: molecula — 10^{-6} cm; atomul — 10^{-8} cm; nucleul — 10^{-12} cm; particulele elementare — 10^{-14} cm. Molecula înseamnă un diametru de circa o milionime de centimetru, iar particula elementară, un domeniu de circa zece milionimi de miliardimi de centimetri.

Sîntem conduşi la o concepţă dinamică a elementarităţii. Pentru un anumit criteriu, molecula e constituentul elementar. Dar, treptat, trecem la nivelul, tot elemenar, al atomilor etc. Forţele care intervin la diferitele nivele sînt şi ele de naturi diferite. Să ne oprim un moment asupra particulelor elementare. Ştiinţa actuală cunoaşte numeroase astfel de particule şi numeroşi sînt cei ce au încercat să realizeze un tablou de clasificare al lor, după modelul mendeleean.

Se poate admite că aceste particule sînt de trei categorii: leptoni, fotoni şi hadroni. Dar rămîne mai departe întrebarea lui Democrit: nu se pot concepe nişte particule cu adevărat elementare, din care să se realizeze prin combinare, toate particulele elementare cunoscute?

Nu există nici o posibilitate de a sistematiza aceste particule, de a le reduce la acea unitate de care simte nevoie psihicul uman? De curînd, fizicienii-teoreticieni

au introdus o nouă ipoteză seducătoare asupra constituției materiei, făcînd să intervină ceea ce se numește *cuarc*, rod al fanteziei fizicienilor. Termenul de cuarc — în engleză *quark* — este luat dintr-o nuvelă de James Joyce, numită *Finnegan's wake*, unde se vorbește de „Trei quarks pentru Muster Mark". Această teorie arată existența unei simetrii în lumea particulelor elementare care ne apar grupate în familii. Tocmai pentru a explica această grupare în familii, Murray Gell-Mann și Y. Néeman au propus — independent unul de altul — o teorie cunoscută sub numele de simetrie unitară sau drumul cu opt căi, numit astfel deoarece opt operatori distincți permit să transforme unele în altele, particule ale aceleiași familii. Teoria a înregistrat și ca un succes prevăzînd existența unei particule numite *omega mare minus*, care a fost descoperită ulterior. În această nouă teorie cu trei cuarcuri suprafundamentali se realizează o familie. Putem astfel construi protoni sau alte particule elementare etc. În anul 1969 premiul Nobel pentru fizică a fost decernat lui Gell-Mann.

Desigur că această teorie permite să explicăm o serie de lucruri — atît la scară microscopică, cît și la scara cosmosului — dar, în același timp, nu putem crede că drumul științei se va opri aici. Ne revine în minte geniala formulă a inepuizabilității electronului.

Teoria cuarcurilor nu este însă singura teoria elaborată în ultimul timp pentru a explica lumea microobiectelor.

Julian Schwinger, premiul Nobel pentru fizică, a emis o altă teorie, în parte diferită de aceea a cuarcurilor. Particula fundamentală este „dionul" care are o dublă sarcină, atît electrică cît și magnetică. Ipoteza sarcinii magnetice provine din faptul că ecuațiile fundamentale ale cîmpului electromagnetic, așa cum au fost ele formulate de James Clerk Maxwell în urmă cu un secol,

manifestă o remarcabilă simetrie în ceea ce privește cîmpurile magnetice și electric.

În esență problema poate fi formulată astfel : în timp ce sarcini electrice libere pot exista — fie pozitive, fie negative, sarcinile magnetice apar numai perechi — în dipoli, reunind un pol nord cu unul sud. În teoria lui Schwinger se admite că polii magnetici pot exista izolați, dar asociați unor sarcini electrice, în dioni.

Problema a fost abordată în urmă cu circa 40 de ani, de fizicianul englez P. A. M. Dirac, care formulase și el posibilitatea unor sarcini magnetice libere.

Problema existenței unor poli magnetici liberi rămîne deschisă și va fi nevoie de multe cercetări experimentale și teoretice spre a clarifica esența fenomenelor magnetice — ca și aceea a particulelor elementare.

Toate aceste date, în aparență contradictorii, prin însăși existența lor, ridică semne de întrebare cu privire la teoriile, azi clasice, privind fizica microcosmosului și macrocosmosului. Dar nu trebuie să uităm niciodată că omul nu a fost dotat cu toate noțiunile și legile universului de vreo ființă atotștiutoare, ci că el singur, bazat pe practică, utilizînd neîncetatul său efort colectiv, desfășurat în cadrul social, reușește să înțeleagă și să stăpînească lumea. Iar această înțelegere și stăpînire a lumii este o permanentă creare a lumii, așa cum se reflectă ea în noi.

STRANIA LUME A MICROOBIECTELOR

Pascal ne-a dat conștiința omului suspendat între două infinituri : pe de-o parte, imensitatea cosmosului, pe de altă parte, lumea infiniților mici. Foarte probabil, Pascal se referea la lumea atomilor și, eventual, a unor infiniți mici matematici. Astăzi lumea acestor infiniți mici e extrem de bogată, fiind descoperite numeroase

exemplare ale unor stranii microobiecte — sau particule elementare, după cum se mai numesc.

Lumea acestor fragmente de atomi este o lume ce prezintă o structură și legi complet diferite de cele cu care am fost obișnuiți. De ce atunci fizicienii să nu se-ntrebe dacă la această scară nu poate avea loc o reversibilitate a timpului?

Să precizăm că noi cunoaștem prin simțuri fenomenele care au loc la o anumită scară, la un anumit ordin de mărime. Este viziunea *fenomenologică*, cea care a fost mai întîi studiată de fizicieni. Legile ei își găsesc o strălucită exprimare în viziunea universului newtonian: un spațiu ce există uniform și un timp ce curge mereu uniform, și în care există corpuri între care au loc interacțiuni. Această viziune liniștită nu o regăsim însă nici în datele actuale despre microobiecte și nici în cele despre Cosmos.

Dar să revenim la problemele reversibilității. Atît în experiența cotidiană cît și în știință, timpul are o scurgere orientată într-un singur sens: îl putem compara cu o săgeată ce țintește mereu viitorul: timpul este ireversibil.

În *Mașina timpului*, A. G. Wells ne face să ieșim din condiția obișnuită a timpului, imaginînd o mașină simplă cu care putem călători în viitor, revenind apoi din nou în condiția comună. Dar nu trebuie să vedem aici rigoare științifică, ci doar un prilej de anticipări asupra unui viitor îndepărtat al omenirii. Din contră, Ray Bradbury imaginează o mașină de călătorit în trecut („To the Future").

Problema reversibilității timpului a mai fost situată de savanți în legătură cu mitologia atît cea budistă cît și cea creștină. Uneori e vorba de o „suspendare a timpului" ce se produce „la sfîrșitul veacului". Această imagine o întîlnim și pe peretele Voronețului: la „Judecata de apoi", pămîntul crapă — semn al disoluției finale a

spațiului — iar îngerii strîng zodiacul — adica cele 12 constelații parcurse de Soare în ruta sa anuală — tocmai ca simbol al suspendării timpului.

Dar să ne întoarcem din domeniul mitologiei și literaturii în cel al fizicii.

În ultimii 13 ani s-au produs două mutații importante în ceea ce privește înțelegerea modului în care se comportă particulele elementare.

În fizică se vorbește de trei tipuri de simetrii: P, C și T.

Operația P constă în transformarea spațiului prin reflectarea într-o oglindă. Datorită acestei simetrii, o mînă dreaptă devine o mînă stîngă — deci tot o mînă posibilă. Precizăm că litera P vine de la *paritate*. La fel, evoluția unui fenomen privit în oglindă e tot o evoluție posibilă. În anul 1957, principiul parității a fost detronat: la distanțe foarte mici — sub valoarea de 10^{-11} cm, lumea se manifestă astfel încît legile diferă de acelea pe care noi le-am observat privind într-o oglindă.

C se referă la conjugare, adică la schimbarea tuturor particulelor în antiparticulele lor, care au sarcini opuse.

În anul 1964 simetria $P\,C$ a fost sfărîmată.

Rămînea problema unei posibile violări a lui T, adică a operației de „răsturnare a timpului".

Mai exact, este vorba de o experiență în care s-ar putea deosebi între un film ce se desfășoară în sens normal și același film atunci cînd el se desfășoară în sens invers.

O cunoscută teoremă de fizică intervine în acest moment. Este vorba de faimoasa teoremă $P\,C\,T$. Această teoremă afirmă că, în condiții foarte generale, efectuînd simultan o simetrie a parității, o conjugare a sarcinilor și o răsturnare a timpului, obținem o lume simetrică, adică producem o lume în care acționează aceleași legi ca și acelea existente în lumea noastră.

Condițiile respective sînt cele implicate de teoria relativității restrînse — ce se aplică la distanțe mai mari de 10^{-11} cm, iar interacțiunile dintre microparticule au loc în mod cauzal, variațiile mărimilor de stare propagîndu-se cu viteze ce nu depășesc pe aceea a luminii.

Lüders (1954) și Pauli (1955) au demonstrat teorema PCT: dacă o teorie a cîmpurilor cuantice în interacțiune satisface anumite condiții, atunci teoria, în mod automat este invariantă față de produsul PCT, luat în orice ordine. Deoarece în 1964 s-a arătat că principiul PC este violat, s-a emis ipoteza că poate fi violat și principiul T.

De această problemă s-a ocupat într-o oarecare măsură și Arthur Eddington, dar la scară macroscopică.

Implicațiile unei violări a ireversibilității timpului — chiar și la scară microscopică — ar fi deosebit de mari, în special din punct de vedere filozofic.

Pînă în prezent însă, toate încercările de a pune în evidență această asimetrie temporală s-au dovedit a fi încununate de insucces. Toate tehnicile extrem de fine utilizate în domeniul particulelor elementare ne arată că și în microcosm timpul are o curgere mereu unidimensională.

Nu trebuie să credem că problema timpului este complet elucidată. Experiențe curente ne arată fapte doar în parte integrabile în modul nostru de reprezentare. De exemplu, datorită unor fenomene naturale cum ar fi mareele, viteza de rotație a pămîntului în jurul propriei sale axe se modifică mereu. Și deși această scădere este de ordinul fracțiunilor de secundă pe secol, ea este decelată de aparatele electronice de măsură.

Este un fenomen pe care îl înțelegem.

În drumul lor la Lună și înapoi, cosmonauții, mișcîndu-se un timp suficient de îndelungat cu o viteză relativ mare, ies din cadrul timpului terestru. Calculul bazat pe teoria generală a relativității arată că, de asemenea, între timpul lor și timpul nostru apare o minimă

diferență, totuși decelabilă în principiu. Treptat va trebui să asimilăm existența printre noi a unor oameni pentru care timpul este bivalent: deși măsoară timpul cu ceasornicele noastre, totuși timpul lor real prezintă o mică diferență, tocmai datorită experienței lor cosmice.

Este foarte probabil că studiul obiectelor elementare ne va furniza în curînd noi date cu ajutorul cărora vom putea elabora o teorie cu mult mai completă a timpului.

Dar fără îndoială că, independent de rezultatele experimentale valabile în microcosm, la scara noastră umană, timpul rămîne mai departe ireversibil.

O NOUĂ ERĂ ÎN ASTRONOMIE

Deși astronomia este una din cele mai vechi științe, în epoca noastră ea a cunoscut o înflorire cu totul deosebită, în special datorită unor tehnici noi. Este vorba, pe de-o parte, de perfecționarea metodelor radioastronomice, iar pe de altă parte, de posibilitatea studierii cerului din puncte situate în afara atmosferei terestre, care lucrează ca un filtru.

Din cele mai vechi timpuri, astronomia s-a bazat pe observarea undelor luminoase sosite de la diferite corpuri cerești. În jurul anului 1930, cercetătorul Janski, de la Bell Laboratories, a descoperit că unele corpuri cerești emit semnale de radio. A fost începutul radioastronomiei — care a dat o nouă imagine a cerului.

Explicația este simplă. Lumina vizibilă reprezintă doar o mică parte a spectrului undelor electromagnetice, și anume, undele care au lungimea de undă cuprinsă între circa 0,4 și 0,76 microni. Dar la lungimi de undă mai mici există razele ultraviolete, X, cosmice, după cum la lungimi de undă mai mari există razele infraroșii și undele de radio.

Atmosfera terestră oprește aproape în întregime undele electromagnetice, cu excepția luminii și a unei porțiuni a spectrului radio. Se înțelege atunci importanța deosebită a radioastronomiei, care deschidea o nouă fereastră spre cer. Lansarea unor rachete de mare altitudine, ca și plasarea pe orbită a unor observatoare astronomice (OAO=observatoare astronomice orbitale) au deschis o nouă eră în astronomie.

În 1962, o rachetă lansată din S.U.A., prevăzută cu dispozitive sensibile la razele X, a dus la descoperirea unui fascicol de raze Roentgen de un milion de ori mai intens decît era de așteptat, și care își are originea nu în Soare — despre care se credea că emite raze X — ci dintr-un îndepărtat punct al universului. Ulterior, s-a determinat că sursa este un astru din constelația Scorpionului, care nu emit în principal lumină, ci raze X. S-au mai descoperit apoi încă circa 30 de astfel de aștri. Cu rachete geofizice s-au putut evidenția stele care emit în raze X. Dacă se admite o emisiune termică, produsă prin încălzirea stelei, atunci temperatura ei trebuie să fie de 20 de milioane grade Kelvin — temperatură considerată de mulți astronomi ca improbabilă. O altă posibilitate constă în emisiunea produsă prin efecte de accelerare a particulelor în cîmpuri electromagnetice, la fel ca în sincrotron. Dar nici această teorie nu este pe deplin satisfăcătoare. Razele X ar fi produse de electroni accelerați în cîmpul stelei. Dar de unde apar mereu noi electroni ? Este o problemă încă neelucidată.

Metodele electronice de investigare a universului, ca și metodele electronice de prelucrare a datelor culese de instrumentele optice, au permis, de asemenea, obținerea unor date noi despre univers.

Telescopul clasic este un aparat sensibil la razele de lumină. Radiotelescopul este o instalație complexă, sensibil la altă categorie de unde electromagnetice, anume, la undele de radio. Telescopul de raze X are drept element

sensibil un contor Geiger-Müller, iar telescopul de raze infraroșii dispune de un traductor cu semiconductor care emite semnale electrice sub influența razelor infraroșii.

Progresele în detectarea razelor infraroșii au condus la rezultate deosebit de interesante. Astfel s-a putut studia radiația în infraroșu a unor nebuloase ca și a unor sisteme extragalactice. S-au studiat în infraroșu și în microunde (spectru hertzian) nori de praf și vapori relativ reci. Pînă nu de mult erau cunoscuți norii de hidrogen; astăzi, îmbunătățirea tehnicilor de observație, ca și o mai bună înțelegere teoretică a proceselor, au permis identificarea unor structuri moleculare complexe, dînd, în același timp o idee asupra legăturilor dintre acești nori și stele.

Prof. C. H. Townes — laureat al premiului Nobel — a arătat că în astfel de nori pot apare efecte radioelectronice cuantice — efect maser — care duce la întărirea unor linii spectrale.

În spectrul unor nebuloase s-au descoperit liniile amoniacului și aldehidei formice.

Se estimează — din liniile amoniacului — o densitate de peste 1000 de molecule de hidrogen pe centimetru cub, deoarece la densități mai mici nu s-ar fi putut excita, prin ciocnire, moleculele de amoniac. Din lățimea liniilor spectrale, provocate de efectul Doppler al vitezelor întîmplătoare, s-a dedus că temperatura gazului este între 20 și 100°K.

Faptul că în spectre apar și linii de absorbție, se explică prin „efectul maser invers" — care implică o temperatură efectivă mai mică de 3°K. În efectul maser invers, ciocnirile tind a depopula nivelele de energie înaltă — fapt pentru care efectul respectiv se numește și efect *dasar* (de la Darkness Amplification by Stimulated Absorbtion of Radiation = amplificarea întunecimii prin absorbție stimulată a radiației).

S-a putut pune în evidență și existența apei în unii nori. De asemenea s-a putut evidenția radicalul OH. Emisia pe 1612 MHz a radicalului OH se explică prin efect maser.

În ceea ce privește stelele infraroșii, s-a ajuns la concluzia că ele sînt vechi stele uriașe care au evoluat mult, pierzînd masă prin suprafața lor.

Pentru a trece la succesele utilizării unor noi metode în astronomie, amintim de utilizarea unor radiointerferometre de bază foarte mare — la care o aceeași sursă extragalactică este observată simultan din diferite părți ale Pămîntului, de exemplu din S.U.A. și Australia, puncte separate printr-o distanță egală cu 0,95 din diametrul Pămîntului. Mărimea bazei permite observarea unor structuri sub o deschidere mai mică de o miime de secundă de arc. S-a putut pune în evidență o nouă categorie de radiosurse, cu caracteristici diferite de ale cuasarilor, avînd emisiuni cu caracter eruptiv. În anul 1966, la Institutul de tehnologie din California, s-a construit un telescop special, cu care s-a ridicat o hartă în infraroșu a firmamentului. Cu o tehnică specială s-a reușit să se elimine efectul „fondului de zgomot" al firmamentului, localizîndu-se circa 6000 de aștri infraroșii — număr aproximativ egal cu al stelelor vizibile cu ochiul liber.

Pentru a se putea opera cu acest telescop, a fost necesar să se elaboreze o tehnologie specială de lucru, deoarece telescopul capta și razele infraroșii emise de surse terestre, ca și raze infraroșii emise de zone mai întinse. Pentru a se localiza aștrii infraroșii, telescopul era antrenat într-o mișcare de oscilație, oscilînd de 20 de ori pe secundă. Atunci cînd era orientat spre un astru, la detectorul de raze infraroșii apărea un semnal cu frecvență de 20 Hz. Alături de telescoapele speciale, sondele spațiale care au fost trimise atît spre centrul sistemului solar, cît și spre planetele Venus și Marte, ne-au

dat informații deosebit de importante asupra sistemului solar.

Prin radioelectronică, astronomia cunoaște o nouă eră de înflorire.

PORTRETUL UNOR PLANETE

Venus

Nu e totdeauna ușor să cunoști planetele vecine Pământului, chiar atunci cînd radiotelescoapele puternice ne informează despre fenomene ce au loc la zeci de miliarde de ani-lumină. Astfel, de exemplu, norii opaci din jurul planetelor Venus și Jupiter ne împiedică să le cunoaștem suprafața, prin metode optice. Venus a fost mult timp o planetă enigmatică și unii literați au emis ipoteza că civilizația terestră e de origină venusiană. Din nefericire pentru aceste ipoteze, portretul planetei Venus ne-o arată total inospitalieră, fiind vorba de o planetă pe care viața, în forme superioare, e imposibilă.

Primele încercări de a străpunge bariera norilor de pe Venus s-au bazat pe tehnici de radar. Cu ajutorul unor instalații de emisie și recepție directive, se trimeteau fascicule foarte înguste de unde electromagnetice, care erau studiate apoi, după reflectarea lor pe suprafața planetei. Din variația temporală a intensității undei reflectate, se trăgeau unele concluzii privitoare, de exemplu, la perioada de rotație a planetei. Ultimele măsurări indică o perioadă de 244,3 zile, axa de rotație fiind înclinată cu cîteva grade față de planul în care se află orbita planetei. Această tehnică radar a permis și detectarea, pe suprafața planetei Venus, a unor formații neregulate, care ar putea fi munți, cratere sau grohotiș.

Pînă în prezent s-au putut „topografia" circa 400 000 kilometri pătrați. În general suprafața planetei pare

asemănătoare unui deşert, dar cu alţi parametri ca pe Pămînt.

Cu ajutorul metodelor spectrometrice, pentru a evolua diverşi parametri, s-a dedus astfel, din măsurări optice, că temperatura norilor este de 12°C la circa 90 km înălţime. Cu unde milimetrice s-a determinat, pe 4 mm, o temperatură de 120°C la 20 km. Undele de 3 cm, reflectate de pe suprafaţa planetei, indică pentru aceasta o temperatură de 430°C.

Din studii de aerodinamică s-a dedus că acţiunile erozive, pe suprafaţa planetei, trebuie să fie foarte puternice, datorită condiţiilor locale. Se estimează existenţa unei atmosfere dense, în care vîntul poartă particule cu diametru mare, pînă la o jumătate de milimetru. Peisajul general pare a fi o suprafaţă acoperită cu nisip, prezentînd dune.

Un pas nou s-a realizat în anul 1967. În luna octombrie, zborurile navelor Mariner 5 şi Venus 4 ne-au dat informaţii bogate şi inedite. Mariner 4 s-a apropiat de planetă, în timp ce Venus 4 s-a paraşutat şi apoi a transmis prin radio rezultatele obţinute. Ulterior, alte date s-au obţinut cu ajutorul navelor Venus 5 şi Venus 6 (5 şi 10 ianuarie 1969). Din prelucrarea tuturor datelor, se consideră că la suprafaţa planetei temperatura depăşeşte 500°C, iar presiunea 100 de atmosfere.

S-a determinat şi constituţia atmosferei, care, în proporţie de 93—97% conţine bioxid de carbon, la care se adaugă 2—5% azot şi gaze inerte; proporţia de oxigen este mai mică de 0,4%. Straturile superioare ale atmosferei nu sînt saturate cu vapori de apă. Se pare că în nori, concentrarea de apă se observă în special în zona ecuatorială a planetei: norii par formaţi din bioxid de carbon solid (gheaţă uscată). Dincolo de stratul de nori, spectrele indică prezenţa unor substanţe volatile.

Dar apar şi fenomene curioase. Fotografiind norii în ultraviolet, s-a constatat că ei se rotesc cu o perioadă

de 4,5 zile, în sens retrograd, ceea ce ar presupune vînturi permanente cu viteze mari, de 110 metri pe secundă, în regiunea ecuatorială.

Diferențele existente între atmosferele celor două planete Venus și Pămînt, s-ar datora, afirmă specialiștii, activității biologice de pe Pămînt : în timp ce Venus și-a păstrat atmosfera primitivă, cea de pe Pămînt s-a schimbat de-a lungul erelor geologice.

Putem afirma că navele Venus 5 și 6 au deschis o eră nouă în cunoașterea planetei Venus.

Planeta roșie

Privită cu ochiul liber, Marte ne apare roșietic. Instrumentele astronomice îndreptate spre această planetă au arătat la un moment dat existența pe suprafața ei a unor linii cu aspect regulat, interpretate de unii drept canale pe care se transportă apa. Unii entuziaști, judecînd prin analogie, au afirmat că pe Marte ar exista o civilizație superioară. Raționamentul era simplu. Planetele fiind de structuri apropiate, au în timp aceeași istorie ; Marte fiind mai departe de Soare s-a răcit mai repede, deci evoluția vieții s-a desfășurat în epoci trecute, raportîndu-se la Pămînt.

Dar aceste judecăți s-au dovedit false. Încă din anul 1965, Mariner 4, fotografiind planeta Marte, a arătat un sol plin de cratere, puțin propice vieții. De canale — nici urmă. Datele de observație indică pe Marte o presiune foarte scăzută, de ordinul miimilor de bar. În componența atmosferei marțiene predomină bioxidul de carbon. Ionosfera marțiană are o înălțime de 150 km. Temperatura exosferei e de circa 230°C. În anul 1969, de Marte s-au apropiat — la circa 3 000 de km — și navele Mariner 6 și 7. S-a pus în evidență o regiune de peste trei milioane de kilometri pătrați — Hellas — care are un nivel mai coborît și o lipsă totală de cratere. Fotografiile în albastru și ultraviolet nu indică prezența

vreunei ceți. S-au pus în evidență linii spectrale de absorbție care coincid exact cu ale metanului și amoniacului și aceasta în regiunea calotelor polare. E oare aceasta un semn al unor urme de viață în aceste zone? S-au putut evidenția — pe platoul înalt Tharsis — o structură complexă, formată din dungi răsucite și strălucitoare.

În ceea ce privește calotele polare, mai există unele incertitudini. Totuși, datele de observație pledează pentru un strat gros de circa un metru, format din bioxid de carbon solidificat. Vaporii de apă din atmosferă sînt atît de rari, încît gheața polară nu poate fi decît un strat extrem de subțire. În același timp apare o contradicție: temperatura calotelor e prea ridicată spre a fi gheață uscată (bioxid de carbon solid). Ar putea fi vorba atunci de capsule polare de gheață, peste care sînt nori formați din ace de bioxid de carbon.

Toate aceste fapte pledează împotriva autorilor de știință-ficțiune, care localizau pe Marte o civilizație prosperă și înaintată. În ceea ce privește „canalele" nimeni nu mai susține vechea idee a lui Lowell; se presupune că zonele respective sînt muntoase.

Datele de care dispunem pledează împotriva vreunei forme superioare de viață pe Marte. Și aceasta nu se referă numai la prezent, ci la întregul trecut. Marte nu are o masă suficientă spre a fi putut reține atmosfera sa un timp destul de lung pentru ca viața să se fi putut dezvolta. Marte ne apare ca un sol inospitalier, ce seamănă mai degrabă cu Luna decît cu Pămîntul. Fără îndoială că stațiile automate care vor explora în viitor solul marțian, aducînd eventuale probe de sol pe Pămînt, vor contribui la o mai bună cunoaștere a acestei planete, care, totuși, a încetat de a mai fi enigmatică.

Metodele moderne de investigare au furnizat date noi și cu privire la unele planete situate dincolo de Marte, anume la Jupiter și Saturn. Un grup de lucru de la Universitatea Rice, Texas, au investigat aceste planete, referitor la emisia lor în infraroșu. Aceste cercetări s-au efectuat în afara atmosferei terestre dense, cu ajutorul unor avioane cu reacție de mare altitudine. Rezultatul a fost surprinzător: ambele planete emit în infraroșu sensibil mai multă energie decît primesc de la Soare. Explicația dată constă în contracția planetelor — care își reduc diametrul cu cîțiva milimetri pe an. Aparent e puțin, dar rezultatul devine semnificativ atunci cînd se ține seama de modelul interiorului planetei. S-ar părea că modelele adecvate sînt cele de stele și nu de planete mici ca Pămîntul. Amintim că magnitudinile absolute ale lui Jupiter și Saturn sînt 2, respectiv 23, apropiindu-se de slabele pitice roșii, a căror magnitudine absolută este de circa 20.

IGNORAMUS ET IGNORABIMUS

Du Bois Raymond a fost un eminent savant, unul din creatorii electrofiziologiei, membru al Academiei de Științe din Berlin, unul din adversarii concepțiilor nematerialiste în știință. Dar Du Bois Raymond a intrat în istoria științei prin formula *Ignoramus et ignorabimus* — ceea ce în latină înseamnă: *Nu știm și nu vom ști*. Savantul încerca să stabilească anumite limite de netrecut pentru cunoașterea umană și a întocmit chiar o listă a unor realități care, după părerea sa, ne vor rămîne întotdeauna inaccesibile. Printre acestea, el punea și cunoașterea substanței altor corpuri cerești. Dar toate limitele puse cunoașterii umane s-au prăbușit, pe rînd. Lista lui Du Bois Raymond e astăzi uitată, căci la scurt

interval de timp după publicarea ei, s-a descoperit spectroscopia și prin aceasta s-a creat posibilitatea cunoașterii de pe Pămînt a substanței corpurilor cerești. Pentru ca la mijlocul acestui secol radarul și radioastronomia să ne dea noi posibilități, incununate toate prin cucerirea directă o Cosmosului.

Etapele sînt încă vii în mintea noastră. Reluînd exact valorile calculate de oamenii de știință și care figurau și în lucrările genialului anticipator Jules Verne, rachetele terestre au explorat mai întîi spațiul circumterestru descoperind centurile de radiație Van Allen. Au transmis apoi la Pămînt informații prețioase privind cele două planete vecine — Venus și Marte. Dar în mintea tuturor stăruie încă imaginile legate de cucerirea Lunii. În ziua de 21 iulie 1969, la ora 02 : 56 GMT, Neil Alden Armstrong a păşit pe Lună. Peste 15 minute, pe suprafața lunară l-a însoțit Edwin Aldrin, apucîndu-se de lucru. Era un moment epocal : pentru prima dată în istoria omenirii, se explora direct, de către oameni, un alt corp ceresc, în afara Pămîntului. Dar Luna fusese, mai înainte, foarte binecunoscută nouă, oamenilor, datorită eforturilor a numeroși savanți.

Explorarea lunii

Prima dată marcantă în istoria cunoașterii Lunii este anul 1610, cînd Galileu a început studierea acestui astru cu ajutorul lunetei. Era începutul unei noi ere, a doua, în cunoașterea Lunii ; după o extrem de lungă perioadă în care omul nu avusese instrumente optice, acum omul, datorită lunetei, putea descifra mai multe din detaliile acestui astru. Deși simplă, luneta lui Galileu a permis obținerea unui volum foarte mare de date de observație. S-au putut ridica hărți ale jumătății vizibile a Lunii și s-a putut măsura înălțimea munților lunari etc.

A fost nevoie de mai bine de trei secole spre a se obține alte informații privind acest astru. Este vorba de

cercetarea directă a Lunii, cu ajutorul rachetelor. În această nouă eră distingem mai multe etape, după vehiculele utilizate: rachete trecînd în apropierea Lunii, începînd cu „Luna 1", la 2 ianuarie 1959, şi continuînd cu unele vehicule din seriile „Luna" „Ranger" şi „Zond"; rachete care au căzut pe Lună cu viteze mari, începînd cu „Luna 2", la 11 septembrie 1959. Credem că e interesant să trecem în revistă principalele rezultate ştiinţifice obţinute în cercetarea Lunii cu ajutorul rachetelor.

Primele rezultate directe s-au obţinut cu racheta „Luna 2", care a permis determinarea cîmpului magnetic lunar. Din datele obţinute rezultă că intensitatea acestui cîmp este foarte mică, sub 2,5 la mie din intensitatea cîmpului magnetic terestru.

Din studiul traiectoriilor pe care s-au deplasat rachetele cosmice „Ranger" 6, 7, 8 şi 9 s-a dedus că raportul maselor Pămînt/Lună are valoarea 81,303. S-a determinat radioactivitatea la suprafaţa Lunii şi s-a măsurat conductivitatea electrică a stratului superficial. S-au pus în evidenţă anomalii gravitaţionale, corespunzînd unor concentrări de masă (masconi) în zonele mărilor circulare.

Rachetele au permis pentru prima dată şi fotografierea părţii nevăzute a Lunii. Amintim că deoarece Luna arată mereu Pămîntului o singură emisferă, cealaltă este complet invizibilă de pe Pămînt. Pentru prima dată s-au obţinut informaţii despre această parte a Lunii datorită fotografiilor luate cu ajutorul rachetei sovietice „Luna 3", începînd din ziua de 7 octombrie 1959. Continuînd cu vehicule din seriile „Ranger", „Luna", „Surveyor", rachetele au aselenizat lin începînd cu „Luna 9", la 31 ianuarie 1966 : Luna a avut sateliţi artificiali, începînd cu „Luna 10", la 31 martie 1966. S-au descoperit astfel primele lanţuri de munţi şi primele mări de pe această faţă a Lunii.

Încă înainte de aselenizarea omului, aparatele depuse lin pe suprafaţa Lunii au furnizat o serie de date privind

radioemisia solară (1 MHz, 30 și 200 KHz), instrumente de măsurat fluxul de electroni și protoni solari, detectoare de raze X moi, de micrometeoriți, raze cosmice, plasmă solară etc. Aselenizarea omului a avut loc la 2 iulie 1969, ora 02 : 56 MGT.

Primul cutremur artificial pe Lună a fost provocat, la 20 noiembrie 1969, de căderea modulului „Intrepid" pe Lună, cu o viteză de 1,6 km/s. Impactul cu Luna a avut loc la o distanță de 75 de km de locul aselenizării, unde se afla și seismograful. Prin impactul masei de 2 000 kg, s-a produs un crater având dimensiunile de 8 × 6 m și o adîncime de 57 cm. Important este faptul că seismografele au înregistrat unde timp de peste 50 de minute — dar numai unde de suprafață. Implicațiile acestor experiențe sînt foarte mari, o primă concluzie fiind aceea că Luna nu are un nucleu asemănător cu cel al Pămîntului. Nu se poate afirma nici că Luna este formată dintr-un bloc, ca un asteroid. În orice caz, regiunea superficială pare foarte instabilă.

Unele concluzii prealabile :

O mare parte a Lunii a fost caldă, ceea ce a condus la formarea de roci cristaline de natură bazaltică, bazice sau ultrabazice.

Este probabil că interiorul Lunii nu a fost niciodată net lichid. Pătura externă are o grosime de circa 100 km, și acoperă un interior cald, cel puțin în parte topit. Rocile lunare au, unele, o vechime de 3—4 miliarde de ani, dar altele sînt mai tinere.

Solul lunar a fost modificat de diferiți agenți, dar mult mai puțin ca solul terestru.

Desigur, datele de care dispunem astăzi despre Lună sînt încă prea puține spre a se ajunge la concluzii definitive. Se știe că pe suprafața Lunii se află mici perle. Ele sînt produse de căldură extraordinară degajată

atunci cînd meteoriţi cad pe suprafaţa Lunii. Structuri asemănătoare întîlnim pe Pămînt, în sudul Bavariei, în marele crater Nördlinger Ries, un uriaş crater cu diametrul de 25 de km, produs de căderea unui meteorit şi care este o replică fidelă a unor cratere lunare.

Este de aşteptat ca în viitorul apropiat datele despre Lună să devină tot mai numeroase, deoarece aselenizarea lină, în ziua de 20 septembrie 1970, şi revenirea pe Pămînt a staţiei automate „Luna 16", deschide perspective noi şi deosebit de importante atît pentru studierea automată a Lunii, cît şi pentru explorarea directă a altor corpuri cereşti — în primul rînd planetele Venus şi Marte. Faptul că „Luna 16" a readus pe Pămînt roci lunare, este o garanţie a faptului că în curînd vom avea pe Pămînt roci din Venus, Marte ca şi din diverse mici planete — aşa-numiţi asteroizi.

Experienţele atît de interesante efectuate cu „Lunahod—1", primul vehicul telecomandat ce evoluează pe suprafaţa altor corpuri cereşti, arată clar cît de falsă este teza agnostică. Cunoaştem din ce în ce mai mult, şi întreaga istorie a fiinţei umane demonstrează triumful raţiunii.

PULSARI, CUASARI ŞI GALAXII SEYFERT

Într-un univers de dimensiuni infinite, în care condiţiile sînt extrem de variate — şi de asemenea infinite — ne apare firesc ca şi materia să se prezinte în forme de existenţă foarte mult diferite de acelea pe care le cunoaştem pe Pămînt, la scară umană, sau în sistemul nostru solar.

În orice caz, universul, aşa cum îl cunoaştem, nu este un univers liniştit: adesea se produc explozii puternice — cum este cazul supernovelor. În alte momente şi

în alte locuri asistăm la fenomene care duc la reducerea mișcării unor corpuri cerești — la „anchilozarea" lor — cum este chiar cazul Pământului nostru, a cărui viteză de rotire în jurul axei sale se încetinește. Este un fenomen bine observat cu ajutorul cronometrelor electronice: ziua scade, este drept că într-o proporție foarte mică. Dar, privind lucrurile în perspectiva unui timp suficient de îndepărtat, ne putem gîndi la o Terra care, ca și Luna, va arăta mereu o singură față corpului în jurul căruia se învîrtește.

Imaginea unui univers liniștit este de altminteri de mult abandonată de cosmologi. Nu mai putem crede că Pămîntul se află în centrul unor sfere care se rotesc creînd armonii muzicale. Alături de fenomene liniștite, astronomii, utilizînd metode din ce în ce mai complexe, în special radioelectronice, reușesc să ne prezinte obiecte astronomice neobișnuite. Printre aceste obiecte cu proprietăți complet diferite de cele pe care le întîlnim la scara noastră umană, trebuie să menționăm și recent descoperiții pulsari, cuasari și galaxiile Seyfert. În toate aceste cazuri este vorba de corpuri cerești avînd proprietăți emisive cu totul speciale.

După cum arată și numele, pulsarul este o formație stelară care emite, la intervale regulate, cantități uriașe de energie. Perioadele pulsarilor variază de la cîteva sutimi de secundă la cîteva secunde. Astăzi s-a putut pune în evidență o ușoară încetinire a perioadei pulsarilor. În orice caz, se știe că emisia pulsarilor este un fenomen natural care nu necesită intervenția vreunei ființe inteligente.

În general, pulsarii sînt corpuri cerești situate în galaxia noastră. S-a putut observa și imaginea optică a unui pulsar. S-a emis ipoteza conform căreia pulsarii sînt rămășițe de novе. Numeroși astronomi consideră că

pulsarii sînt stele la care s-a produs așa-numitul *colaps gravitațional*: toți atomii s-au apropiat din ce în ce mai mult unii de alții, pînă ce s-a produs o neutralizare a tuturor sarcinilor, rămînînd numai neutroni. De unde și numele de stele neutronice. Ipoteza permite o apropiere extrem de mare a particulelor neutre și deci o densitate extrem de mare a pulsarilor. Se pune întrebarea: cum emit pulsarii?

Un grup de astrofizicieni americani de la Universitatea din Illinois consideră că răspunsul la această întrebare s-ar putea da prelucrînd informațiile provenite de la pulsarul Vela, care, subit, și-a modificat ritmul pulsațiilor. Ei au explicat accelerarea pulsațiilor sale ca fiind cauzate de un cutremur stelar și au calculat detaliat modul în care reacționează regiunile centrale ale unei stele neutronice la o deformare bruscă a scoarței sale exterioare. Din contră, lucrînd cu radiotelescopul australian Parkes, de 30 m diametru, și investigînd structura polarizării undelor de radio ale pulsarului PSR 0833—45, astronomii V. Radhakrishnan și D. I. Cooke au ajuns la altă concluzie. Ei consideră că emisia pulsarilor se produce într-un con subțire, a cărui axă coincide cu polii magnetici. La rîndul lor, axa magnetică nu coincide cu axa de rotație a pulsarului.

Cîmpul magnetic al pulsarilor este foarte mare — de 10^{12} gauss — în timp ce al Pămîntului este — în ionosferă — de numai 0,3 gauss. Aceasta face ca în cîmpul pulsarilor particulele încărcate să fie accelerate la energii foarte mari, ceea ce explică intensitatea cîmpului emis.

Dar să revenim la prima teorie. Pornind de la schimbarea de frecvență observată, echipa americană deduce densitatea centrală a unui model convenabil utilizînd fie ecuația de stare Harrison — Wekano — Whuler, fie

ecuația de stare Cameron — Tsuruta. Ecuația H-W-W conduce la o valoare a densității centrale de $2{,}90 \times 10^{14}$ g/cm^3, iar ecuația C-T la $2{,}4 \times 10^{14}$ g/cm^3.

Este suficient să ne gîndim că apa are 1 g/cm^3, iar piatra mai puțin de 10 g/cm^3. Datele de mai sus indică pentru pulsari mase de zeci de mii de miliarde de ori mai dense ca ceea ce întîlnim pe Pămînt.

Cele două valori sînt foarte apropiate și totodată scăzute pentru stelele neutronice; ele sugerează o masă cuprinsă între 0,2 și 0,5 din cea a Soarelui. În general este acceptat faptul că modelele din această grupă de densități n-ar putea fi stabile față de colapsul gravitațional. În consecință, această descoperire poate confirma sau infirma teoria clasică cu privire la stelele neutronice sau poate duce la acceptarea posibilității că pulsarii nu sînt stele neutronice. Fundamentarea studiului ne apare deci ca nesigură.

Pulsarii ridică mereu noi probleme. Astfel dr. Herbert Friedman a descoperit în nebuloasa Racului un pulsar ce emite raze X, avînd o dublă structură: pulsar radio și pulsar optic (NP 0532). Nu este însă certă identificarea pulsarului cu sursa de raze X. În orice caz pulsarul CP 0950, în limitele erorilor de măsură, coincide cu o sursă de raze X (Leo XR—1), deși nu s-au putut evidenția impulsuri.

În univers, materia apare adesea sub aspecte neașteptate. Astfel, observații recente au arătat că surse cuasistelare (cuasarii) ca și surse extragalactice au un spectru cu două maxime. Astronomii sovietici L. M. Ozernoi și V. N. Sazonov de la Institutul Lebedev au arătat că această situație apare atunci cînd două radiosurse se deplasează împreună cu viteze apropiate de cea a luminii. Apare astfel posibil să ne gîndim că există o trecere gradată de la cuasari la obișnuitele radio-galaxii.

Telescoapele speciale plasate pe unii sateliți artificiali ai Pămîntului au dat informații prețioase despre emisiile în ultraviolet ale unor corpuri cerești. S-a pus astfel în evidență o neașteptat de mare emisie în ultraviolete a unor galaxii bătrîne, inclusiv nebuloasa Andromeda (M 31), situată la 1,5 milioane ani-lumină de noi. Alte spirale similare nu posedă o astfel de emisie. Astronomul A. Code crede că sursele ultraviolete sînt relicve ale unor vechi cuasari.

Dar ce sînt cuasarii ?

Cuasarii sînt radiosurse cuasistelare — corpuri cerești, stele albastre care prezintă o deplasare spre roșu a liniilor spectrale. Deplasările spre roșu ale acestor radiosurse sînt foarte mari, corespunzînd, conform legii lui Hubble, unor viteze de îndepărtare de 75% și 80% din viteza luminii — ceea ce ar corespunde unor distanțe de 7—8 miliarde ani-lumină față de noi. Se cunosc astăzi numeroși cuasari de diametre foarte mici și cu importante deplasări spre roșu ale liniilor spectrale.

Cu metode radioastronomice perfecționate s-au măsurat diametre unghiulare ale cuasarilor pînă la valori de 0,001 secunde de arc. Masa cuasarilor se estimează la 100 de milioane de mase solare, iar raza lor, la 10^{15} centimetri, adică 10^{10} km. Puterea radiată de cuasari este foarte intensă — de ordinul de mărimea a 10^{40} wați, dar atît strălucirea cît și emisia lor în spectrul radio poate prezenta variații bruște de 10^{53} jouli. Pentru a fixa ideile, să ne gîndim că puterea radiată corespunde la circa o sută de milioane de megawați pe metru pătrat — ceea ce este o valoare uriașă la scara noastră terestră, corespunzînd la multe centrale nucleare pe fiecare metru pătrat !

Pînă în momentul de față nu dispunem de o teorie complet satisfăcătoare despre cuasari. Conform unor

teorii, cuasarii sînt galaxii cuasistelare, care emit extrem de intens în regiunile albastru și ultraviolet al spectrului — ca și în spectrul radio. Spre deosebire de aceste obiecte cuasistelare, galaxiile albastre nu emit deloc în domeniul frecvențelor radio, ci numai în domeniul albastru-ultraviolet.

Dar să revenim la cuasari și la pulsari. Legătura dintre aceste două tipuri de obiecte cerești este mai strînsă decît s-ar părea la prima vedere. Dr. Morrison de la M.I.T. propune un model unificat pentru cuasari și pulsari, diferența dintre aceste obiecte constînd numai în dimensiunile lor diferite. Conform noului model, principala caracteristică a acestor surse este masa lor extrem de concentrată și care se află în rotație, avînd, în același timp, un cîmp magnetic foarte puternic, care se rotește și el.

După Morrison, cuasarii sînt rezultatul explodării unor mase extrem de mari, corespunzînd unei întregi galaxii. S-ar produce mai întîi un colaps gravitațional, urmat de o explozie ce ar produce obiecte variate, ce se situează de la galaxii normale, la cuasari, trecînd prin galaxii Seyfert cu nucleu anormal energetic.

Galaxiile Seyfert au fost descoperite în anul 1943 de Carl K. Seyfert, care lucra pe atunci la observatorul Mount Wilson. Caracteristic pentru aceste galaxii este faptul că ele au un nucleu foarte mic și foarte strălucitor, iar liniile lor spectrale sînt foarte intense, ceea ce denotă că atomii din nucleu se află într-o stare de excitare puternică. De asemenea, intensitatea emisiunii variază sensibil la intervale de cîteva luni, unele galaxii prezentînd variații bruște.

Față de cuasari, galaxiile Seyfert prezintă două particularități : 1) liniile lor spectrale sînt foarte puțin deplasate spre roșu — în timp ce la cuasari această depla-

sare este foarte puternică ; 2) în timp ce cuasarii sînt apariții punctuale, la galaxiile Seyfert se distinge cu claritate nucleul înconjurat de formațiile normale la o galaxie spirală.

Galaxiile Seyfert au probabil nucleul de dimensiuni reduse — estimate la circa o treime de an-lumină.[1] Ele prezintă și o emisiune electromagnetică continuă, în domeniul albastru, generată probabil printr-un mecanism similar celor de la sincrotroane.

Problemele energetice ale galaxiilor Seyfert sînt însă demne de a fi luate în seamă. Se estimează la 2. 10^{46} ergi/secundă energia eliberată de 2 C 120. Pentru o galaxie Seyfert tipică, cifra se reduce la circa 100 de ori. Într-o existență de 10 miliarde de ani, emițînd doar 1 la sută din timp, ar fi necesari circa 10^{60} ergi. Dacă energia se produce prin mecanismul obișnuit de fuziune, în care hidrogenul se transformă în heliu, pentru eliberarea acestei energii ar fi necesară o masă egală cu cinci sute de milioane de mase solare. Aceeași energie poate fi eliberată prin colapsul gravitațional a un milion de mase solare. Cifre cu adevărat astronomice, dar de data aceasta în domeniul energetic, și nu al distanțelor, cum era cazul în astronomia clasică de poziție.

Menționăm și ipotezele conform cărora cuasarii și galaxiile Seyfert sînt membri ale aceleiași familii, existînd o trecere continuă de la un tip la altul.

În ceea ce privește pulsarii, după cum se admite în general, ei sînt rezultatul exploziei unor supernove. În modelul său, Morrison unifică aceste două categorii de corpuri cerești. Modelul lui Morrison este însă privit cu rezervă de specialiști — astfel încît problema surselor

[1] Ray J. Weymann, *Seyfert Galaxies*, Scientific American, Jan. 1969.

cereşti extrem de intense rămîne încă deschisă. Ca şi în cazul microparticulelor, cerul este inepuizabil. Materia se manifestă într-o infinitate de moduri.

INFINITUL CERULUI

Pentru antici, Pămîntul era centrul unui univers finit. *Sideral* înseamnă ceresc, astral, de la *siderus*, astru. Dar *siderurgie* este tehnica prelucrării fierului, pentru că sideros înseamnă şi fier. Legătura dintre cer şi fier e simplă : meteoriţii erau de fier, şi unele civilizaţii nu dispuneau, la început, de alt fier decît de cel provenit din meteoriţi. Din care cauză chiar marele Tutankhamon putea avea mult aur, dar doar mici amulete de fier.

Revenind la cer, remarcăm cum în aproape toate vechile civilizaţii el era ceva substanţial : sfere pe care se plimbă carul de foc al profetului Ilie sau luntrea lui Ra. Ştiinţa modernă a stabilit inexistenţa cerului — ca limită a unui univers mărginit — şi zborurile cosmonauţilor au arătat că, într-adevăr, albastrul cerului e un fenomen local, terestru. Dincolo de aerul ce împrăştie lumina solară, nu există decît imensitatea neagră a marilor spaţii cosmice.

Cosmosul este un termen introdus de Pitagora pentru a denumi lumea înţeleasă ca armonie. Şi cu toate că aventurile zeilor olimpieni aminteau mai degrabă de viciile unei familii aristocrate decît de un ideal de perfecţionare etică, cu toate acestea, pentru prima dată în Elada s-a produs acea ruptură între spiritul teologic şi cel ştiinţific, care a condus la triumful ştiinţei. Atunci lumea a început să fie gîndită în sine şi s-au căutat legi — calitative şi cantitative — pentru explicarea fenomenelor ; atunci Pitagora enunţă prima lege cantitativă înregistrată de istorie — lege privind raportul dintre

lungimile coardelor la tetracord. Tot atunci s-au propus primele modele științifice ale universului, ale cosmosului cît și ale materiei, concepută ca fiind formată din particule invizibile și indivizibile — atomii. Ideea unor teorii care permit explicarea unitară a lumii își are originea în vechea Grecie și întreaga dezvoltare ulterioară a științei nu face decît să continue această linie a creării unei viziuni care, în același timp, să fie unitară și atotcuprinzătoare. Sub infinita varietate a formelor de manifestare a materiei, omul caută mereu unitatea lumii materiale și o găsește.

O temă interesantă pentru cel care se ocupă de teoria științei este faptul că atunci cînd, în epoci diferite, minți diferite își pun o anumită problemă, ele ajung la același răspuns unic, pentru că și realitatea este unică în esența ei. Este drept că faptele se acumulează mereu; în aparență, vechile concepte trebuie sparte și noi teorii trebuie construite. De la simpla observare a ritmului de succesiune a eclipselor — ciclul lui Saros — și pînă la elaborarea unei teorii a epiciclelor, a fost un drum lung — drumul de la observarea faptelor și consemnarea unei legități empirice pînă la elaborarea unei ipoteze științifice, a unui model teoretic.

Este poate demn de reținut faptul că modelul ptolemeic, privind eclipsele de Soare și de Lună, era corect, deși era geocentric. Explicația este simplă: în ambele modele — cel geocentric cît și cel heliocentric — pentru a explica eclipsele de Soare și Lună, interesează numai pozițiile relative Soare-Pămînt. Cum în ambele modele Luna era un satelit al Pămîntului, pentru obiectivul propus — adică eclipsele) — ambele modele se dovedesc a fi la fel de juste. Elinii reușesc să estimeze raza Pămîntului și încearcă o evaluare a universului, conceput finit. Pentru Arhimede, diametrul sistemului solar, deci al

universului, era de 1,6 milioane km [1]. Ceea ce corespunde la spațiul parcurs de lumină în circa 5 secunde! Treptat, o dată cu descoperirea instrumentelor optice, limitele cerului s-au mărit mult. În 1835, Friedrich Wilhelm Bessel, utilizînd procedeele trigonometrice, a reușit să măsoare distanța de la Pămînt la stelele vecine — dintre care cea mai apropiată este la peste patru ani-lumină! Astăzi, datorită radiotelescoapelor puternice, limitele universului explorat s-au mărit considerabil, la multe miliarde de ani-lumină.

În anii 1926—1927, Edwin Hubble a demonstrat că nebuloasele spirale nu aparțin galaxiei noastre și se situează la milioane de ani-lumină distanță. Pentru a evalua aceste distanțe, el se baza pe faptul, demonstrat pentru unele obiecte cerești, și anume, că cu cît acel obiect este mai departe, cu atît el fuge de noi cu o viteză mai mare. Această fugă atrage după sine o modificare a liniilor spectrale emise. Este cunoscută deplasarea spre roșu, fenomen descoperit pentru vibrațiile sonore din anul 1842, de fizicianul austriac Christian Doppler, care a arătat că frecvența pe care o percepem atunci cînd ne deplasăm relativ față de o sursă sonoră, este alta decît aceea pe care am observa-o dacă am fi în repaus față de sursă. Tot Edwin Hubble enunța, în 1936, legea sa, care afirma că cu cît o galaxie este mai îndepărtată de noi, cu atît ea se îndepărtează mai repede de noi.

Dacă am accepta această lege, atunci am ajunge la rezultate surprinzătoare: galaxiile care se situează la distanțe mari — adică la distanțe de ordinul a 8—9 miliarde de ani-lumină — se deplasează extrem de repede față de noi, avînd o viteză de îndepărtare de peste 200 000 de kilometri pe secundă, adică viteze compara-

[1] Cf. S. I. Luria, *Arhimede*, Editura Științifică, București, 1958, p. 223.

bile cu viteza luminii. Acceptînd legea lui Hubble, ajungem la concluzia că galaxia albastră BSO 1 are o viteză radială de 200 000 de kilometri pe secundă, ea situîndu-se la distanța de 6 miliarde de ani-lumină, în timp ce cuasarul 3C 9 are viteza de 240 000 de kilometri pe secundă, situîndu-se la 8,7 miliarde ani-lumină distanță de noi. Viteze enorme, dacă ne gîndim că e totuși vorba de deplasarea nu a unor particule elementare, cu masă foarte mică, ci de deplasarea unor galaxii cuprinzînd nenumărate sisteme solare.

Intensitatea radiației emise de cuasari ne obligă să ne gîndim la mase mari, cu densități de neconceput la scara noastră. Dar este greu să ne imaginăm mase atît de importante, capabile de a radia atît de intens și care, în același timp, să se deplaseze cu viteze comparabile cu viteza luminii. Aceasta a dus la reconsiderarea vechilor teorii privind expansiunea universului. Reținem astfel că teoria relativității generalizate arată că, atunci cînd lumina părăsește o stea, ea trebuie să efectueze un travaliu, fiind oarecum frînată de cîmpul gravitațional al acelei stele, iar această cheltuire de energie se manifestă printr-o deplasare spre roșu a spectrului său. La Harvard, cercetătorii R. V. Pound și G. A. Rebka au verificat această teorie. Sîntem însă departe de a crede că putem explica totul în această direcție.

Există și alte teorii privind „îmbătrînirea luminii" ca și încercări de a modifica însăși fundamentele mecanicii. Amintim în această ultimă direcție lucrările fundamentale ale acad. Octav Onicescu. În cadrul teoriei mecanice propuse, se reușește a recalcula o serie de fenomene, obținîndu-se o concordanță extrem de bună față de datele de observație. Sînt aceleași fenomene pe care le explică și teoria relativității în forma ei elaborată de Einstein.

Teoria acad. O. Onicescu ne apare mai intuitivă și totodată mai adecvată realității, admițînd un spațiu infinit.

Din contră, teoria relativității, ca și legea lui Hubble, ne conduc la concepția unui univers închis, finit.

Nu putem trece cu vederea nici peste așa-numitul *principiu cosmologic* ce își are originea în lucrările lui Einstein din anul 1917, dar care e mereu discutat. Ideea este extrem de simplă : din moment ce dispunem de foarte puține date privitoare la Cosmos, putem face ipoteza că universul apare la fel oricărui observator, oriunde s-ar situa el. În loc de *principiu*, se mai numește, în literatura de specialitate, și *ipoteza cosmologică*.

Datele de experiență ne prezintă un univers în expansiune. Dacă adăugăm la aceasta necesitatea unei stări staționare a universului, ajungem la concluzia că este necesar să se producă o generare continuă de substanță. Hoyle și Narlikar au formulat (1966) o teorie în care expansiunea este compensată de o generare continuă de materie. Noi putem observa doar o „bulă", o parte a universului ; „bula" este de circa o mie de ori mai mare decît orizontul observațional. Studiile moderne combat această teorie. Conform ultimelor date, universul nostru este un univers oscilant, în care perioadele de expansiune alternează cu cele de contracție : este așa-numita teorie bing-bang. Fundamentarea acestei concepții utilizează atît teoria relativității generalizată, cît și ultimele date furnizate de astrofizică.

În orice caz, după jumătate de secol de cercetări intense în domeniul teoriei generale a relativității, se constată că nu s-a putut obține o cosmologie satisfăcătoare din toate punctele de vedere. Concluzia principală constă în respingerea ipotezei cosmologice. De asemenea, se poate afirma că nici modelele newtoniene nu sînt satisfăcătoare, în sensul că pentru distanțe astronomice foarte mari, legea gravitației, așa cum a fost formulată de Newton, trebuie să fie revizuită. Pentru a menține teoria unui univers în expansiune, este indicat a înlocui

forța de atracție dintre formațiile de galaxii, cu forțe de repulsie.

Toate aceste tatonări sînt explicabile. Datele de care dispunem azi se referă la ceea ce omenirea a putut observa doar o mică perioadă de timp, în comparație cu durata extrem de mare a stării actuale a universului — și nulă dacă ne raportăm la durata infinită a universului. În orice caz, datele de care dispunem azi, ca și numeroase teorii permit o explicare satisfăcătoare a multor fenomene din cosmos. În orice caz, și în cosmologie, ca în orice alt domeniu, în ultimul deceniu s-au înregistrat rezultate deosebit de importante și adesea surprinzătoare.

INDICE DE NUME

A

Adams, John, 161
Adams, Walter, 263, 264
Ambarţumian, Victor Amazaspovici, 218, 305
Anderson, Carl, 170, 171, 172
Appell, Paul, 19
Arago, François, 18
Argelander, Friederich, 24, 343
Ashby, 375
Auger, Pierre, 160

B

Baade, Walter, 289, 302
Bacon, Roger, 54
Baillaud, Benjamin, 10, 17
Baldet, Fernand, 35
Barnard, Christian, 393
Barthou, Louis, 24
Bauer, Edmond, 67, 68
Baum, William, 303, 304, 329, 330
Bălăceanu, Constantin, 390

Becker, 142
Beckwith, John, 94, 402
Becquerel, Jean, 67
Becquerel, Henri, 48, 78
Belis, M. 378
Bergson, Henri, 14
Bernard, Claude, 18, 119, 206
Bernard, Jean, 100
Bertaud, Charles, 295
Bertrand, Alexandre, 19
Bertrand, Gabriel, 82, 117
Bertrand, Joseph, 19
Bertrand, Marcel, 19
Berthelot, Marcelin, 10, 44, 58, 76, 77, 206
Bichat, Xavier, 124
Bigourdan, Guillaume, 5, 8, 9, 11, 16, 19, 22, 31, 39, 41, 82
Binet, Alfred, 20, 377
Biot, Jean-Baptiste, 65
Blackett, Patrick, 176
Blohin, Alexei Alexandrovici, 113
Blohinţev, Dimitri Ivanovici, 190, 192, 211
Blondel, Maurice, 14
Bohm, David, 211, 212
Bondi, 230, 341
Bohr, Niels, 53, 55, 56, 65, 133, 143, 160, 206, 209, 213, 214
Borel, Emile, 19
Born, Max, 207
Bothe, Walther Wilhelm, 142
Bouquet de la Grye, Jean Jacques Anatole, 10
Boussinesq, Joseph, 59
Boutroux, Emile, 14
Bragg, sir William Henry, 42, 56, 57, 62, 85
Brahe, Tycho, 323
Branly, Edouard, 10, 18

Bréguet, Louis, 18
Brillouin, Marcel, 19, 42
Broglie, Louis de ~, 206, 207, 210, 211, 212, 214
Broglie, Maurice de ~, 42, 53, 62, 65, 67
Brown, 28
Bruner, 382
Buchner, Ludwig, 14
Bugnard, Louis, 115

C

Cagliostro, Joseph Balsamo, zis Alexandre, conte de ~, 150
Campbell, William Wallace, 39
Cannon, 35
Cassini, Jean-Dominique, 256
Cerencov, 131
Chadwick, sir James, 143
Champollion, Jean-François, 12, 100
Charlier, 39
Le Chatelier, Henry, 59, 62
Church, A., 376
Claparide, 377
Cockcroft, John, 160, 161
Code, A., 426
Columb, Cristofor, 282
Comte, Auguste, 14, 247
Cooke, D. I., 424
Copernic, Nicolas, 21
Cornu, Alfred, 74
Coursaget, Jean, 98, 100, 102, 115, 118
Courtez, Raymond, 310, 312
Cotton, Aimé, 67
Crick, Francis, 107, 108, 109, 111
Crookes, sir William, 12, 44, 47
Curie, Marie, 12, 42, 48, 57, 67

Curie, Pierre, 11, 115
Curtis, Heber, 273, 275, 276, 277
Cuvier, baron Georges, 63

D

Dalton, John, 58
Danjon, André, 206, 257
Darboux, Gaston, 17
Davidson, W., 330
Democrit, 51, 403
Denisse, J. F., 315
Descartes, René, 14, 15, 362
Deslandres, Henry, 17, 29, 30, 39
Dirac, Paul, 171, 179, 180, 207, 241, 242, 248, 406
Douzou, Pierre, 99, 119, 121, 122, 161
Dubois, Eugène, 392
Duclaux, Emile, 19
Duclaux, Jacques, 91
Duhem, Pierre, 15, 58, 59
Dumas, J. B., 44, 58, 76
Durrieu, Paul, 82
Dupouy, Gaston, 82, 84, 85

E

Eddington, sir Arthur Stanley, 38
Edgar, R. S., 400
Edison, Thomas, 12, 38
Edwards, Robert, 397
Einstein, Albert, 6, 28, 38, 42, 55, 57, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 165, 169, 207, 208, 213, 241, 248, 300
Elder, Marc, 6
Emden, 38

Epicur, 46
Erckmann-Chatrian, 43
Esnault-Pelterie Robert, 39, 102
Euclid, 352

F

Fabry, Charles, 67
Farcaș, D., 375
Fehrenback, Charles Max, 284
Fermi, Enrico, 79, 206
Ferrié, Gustave, 25
Feuerbach, Ludwig, 14
Février-Destouches, Paulette, 211
Flammarion, Camille, 13, 27
Fontenelle, Bernard Le Bovier de ~, 280
Fraenkel-Conrat, 111
Fresnel, Augustin, 19, 55
Friedmann, Alexandru, 341

G

Galileo, Galilei, 15, 54, 306, 343
Gamov, George, 355
Gauss, Carl Friedrich, 10
Geiger, Hans, 49
Gilberti, Walter, 402
Glaser, Donald, 130
Gold, 341
Goudsmit, Samuel, Abraham, 134
Goulian, 401
Gramont, Armand de ~, 360
Grignard, Victor, 12, 18
Guiașu, Silviu, 377

Gusdorf, Georges, 80
Guyon, Félix, 16

H

Hadamard, Jacques, 17, 82
Haeckel, Ernest, 12, 14, 15, 22, 206
Hale, George, 29, 33, 38, 39
Hamelin, Octave, 14
Harris, Henry, 399
Hartley, R., 366, 370
Hebb, 362
Heim, Roger, 115
Heisenberg, Werner, 143, 144, 160, 206, 209, 213
Heitler, 89
Helmholtz, Herman von, 30, 206
Hermite, Charles, 19
Herschel, William, 274, 279
Hertz, Heinrich, 246
Hertwig, Oscar, 62, 63
Hill, Müller, Benno, 402
Hipparch, 23
Hofmeister, Wilhelm, 63
Hofstadter, 191, 192, 193
Hoyle, Fred, 341
Hubble, Edwin, 272, 279, 280, 281, 282, 283, 285, 288, 290, 299, 300, 431
Huggins, sir Williams, 34
Humason, 272, 283, 302, 303
Huxley, Aldous, 125
Huygens, Christiaan, 74

I

Isaacs, Rufus, marchiz de ~, 125
Ivahnenco, 125

J

Jacob, Charles, 82
Jacobi, Carl, 10
Janssen, Jules, 29
Janski, 410
Jeans, sir James, 38, 42
Joffre, Joseph, 30
Joliot, Frederic, 6, 78, 92
Jollivet-Castelot, 150
Juvet, Gustave, 347, 348

K

Kahane, Ernest, 104
Kamerlingh Onnes, Heike, 42
Kant, Emmanuel, 14
Kapteyn, Jacobus Cornelius, 31, 38
Katsoyannis, 399
Kelvin, lord ~, 15, 22, 74, 79, 206, 283
Kharaba, Gobind, 402
Kllene, S.C., 376
Koelliker, 62, 100
Kornberg, Arthur, 401

L

Lacassagne, Antoine, 112
Lallemand, André, 218, 223
La Mettrie, 374
Langevin, Paul, 42, 65, 66, 68, 70, 72, 73, 207
Langmuir, Irving, 88
Laplace, Pierre-Simon, 9, 74, 205, 206, 207, 214
Lashley, 382
Lassell, William, 35

Laue, Max von —, 42, 54, 56, 57, 62, 65, 86
Launay, Luis de —, 12
Lavoisier, Antoine, 67, 73, 76
Lawrence, Ernest, Orlando, 171, 180
Leakey, L., S., B., 392
Leavitt, Henrietta, 35, 39, 266, 271, 290, 294
Lee, Robert Edward, 201, 202, 203
Le Dantec, Felix, 15, 22, 206
Lemaître, Georges, 300, 340
Leprince — Ringuet, Louis, 77, 78, 176, 181
Le Roy, Edouard, 14
Le Verrier, Urbain, 9, 26
Leucip, 51, 403
Lewis, G. N., 88, 89
Lippmann, Gabriel, 18
Lockyer, sir Norman, 29, 30
Lorentz, Hendrik, Antoon, 42, 43, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 67, 69, 70, 71, 74, 283
Lowell, Antoniadi, 26, 27, 417
Lucreţiu, 46
Lüders, 409
Lundmark, Knut, 277
Lumière, Louis, 12
Lupaşcu, Ştefan, 123, 124
Lwoff, André, 103, 124

M

Macaulay, Thomas Babington, lord —, 40
Mach, Ernst, 28
Mallet, Lucien, 131
Marconi, Guglielmo, 12
Markov, A., A., 376
Marsden, 45
Mascart, Eleuthere, 19, 61

Masson, Frédéric, 22
Matthaei, J., H., 109
Mauguin, 67
Maurain, Charles, 82
Maury, 35
Maxwell, Clerk, James, 45, 46, 47, 128, 212, 246, 400, 405
Mayall, 280
Mayer, Robert, 73
Messier, Charles, 274
Michelson, Albert, 69
Mohl, Hugo von ~, 63
Morrison, 427
Moseley, Henry Gwyn-Jeffreys, 57
Moulton, 28
Mouton, 67
Minkovsky, Rudolph, 73, 327, 328, 329, 333
Müller, Erwin, 85
Müller, Paul, 248
Murayama, Makio, 398
Murray, Gell-Mann, 405

N

Naegeli, K., W., von ~, 63
Néeman, Y., 405
Nernst, Walter, 42
Newcomb, Simon, 28, 38
Newell, 379
Newton, Isaac, 9, 23, 74, 241, 352
Nirenberg, M., W., 109, 402
Nistor, E., 375
Nobel, Alfred, 90
Nordmann, Charles, 25

O

Onicescu, Octav, 377, 432
Oppenheimer, Robert, 160
Ostwald, Wilhelm, 58
Ozernoi, L., M., 425

P

Painleve, Paul, 17
Partington, 60
Pascal, Blaise, 374
Pasteur, Louis, 18, 19, 63
Pauli, Wolfgang, 136, 206
Pauling, Linus, 89, 91, 92
Pavlov, 382
Perrier, Edmond, 82
Perrin, Jean Baptiste, 12, 46, 58, 65, 78, 130
Perrin, Francis, 115, 160, 212
Picard, Emile, 10, 15, 19
Pickering, E., C., 34, 35, 38, 39
Pickering, W. H., 26, 266
Pingré, Alexandre-Gui, 257
Planck, Max, 54, 56, 71, 79, 89, 207
Point, Hinkley, 144
Poincaré, Henri, 9, 10, 11, 12, 17, 22, 23, 26, 38
Pontecorvo, 240
Pound, R., V., 432
Prudhome, Joseph, 7
Puiseux, Pierre, 17

R

Rabaud, Henri, 19
Radau, 10
Radhakrishnan, V., 424

Raux, Emile, 18
Rayleigh, John William Strutt, lord ~, 12, 45
Raymond, Du Bois, 418
Rebka, G., A., 432
Richet, Charles, 17, 18, 79
Rittenberg David, 177
Ritchey, 33, 34, 39
Rosse, William Parsons, duc de ~, 33, 274, 279
Russell, H., N., 38, 39
Rutherford, Ernest, 42, 48, 50, 51, 52, 53, 56, 57, 64, 65, 77, 129, 131, 133, 142
Ryle, Martin, 322, 333, 337, 338, 339, 341, 342, 350, 356

S

Saakian, 218, 222
Sabatier, Paul, 18
Salet, Pierre, 11
Salk, Jonas, Edward, 125
Sandage, Allan, 291, 292
Sanger, 398
Sardon, Charles, 119
Saznov, V., N., 425
Schatzman, Evry, 148, 218, 220
Schiaparelli, Giovanni, 27
Schleiden, 63
Schroedinger, Erwin, 206, 207
Schwann, Theodor, 63
Schwarzschild, 38
Schweitzer, Albert, 81
Schwinger, Julian, 405
Secchi, R., P., Angels, 29, 34
Secenov, 382
Seeliger, 38, 39
Seyfert, Carl, K. 427

Shalit, Mandechai, 396
Shannon, Claude, 366, 370
Shapley, Harlow, 271, 272, 273, 274, 275, 276
Shaw, 379, 382
Sklovski, 321
Slipher, Vesto Melvin, 299
Soddy, sir Frederick, 202
Solvay, Ernest, 41, 42
Sommerfeld, Arnold, 42
Spencer, Jones, 256
Spencer, Herbert, 14
Spearman, 377
Stanley, Wendell, Meredith, 110
Staudinger, Hermann, 89, 90, 91
Steptoe, Patrick, 397
Stern, 377
Stevenson, Adlai, 282
Struve, Otto, 273
Suess, Eduard, 12
Sundman, 19
Swope, 294
Szalay, Sandor, 239
Szent, Györgyi, 120, 123

T

Teilhard, de Chardin, 6
Termier, Pierre, 12
Thomson, J. H., 42, 44, 258
Thomson, J. J., 45, 46, 48, 57, 59, 66, 189
Tolansky, 230
Tolman, Richardi 341
Tomesko, 399
Townes, C., H., 412
Trumpler, Robert, 276
Tiolkovski, K., E., 39, 102

U

Uhlenbeck, George, Eugen, 134

V

Vaucanson, 374
Veksler, 159
Vigier, J. P., 210, 211, 212
Vogt, Karl, 14

W

Watson-Watt, sir Robert Alexander, 107, 109, 111
Watkins, J. F., 393
Wien, Wilhelm, 42
Wilkins, George-Hubert, 109
Wilson, C.T.R. 59, 60
Wiener, Norbert, 372
Wolff, Etienne, 227
Wood, Wiliam, 400
Wronski, Hoëné, 376

Y

Yang, 201, 202, 203
Yngve, V., 375
Young, Thomas, 29
Yukawa, Hideki, 169, 170, 171, 172

Z

Zadeh, L., 386
Zalut, Clyde, 399
Zvorîkin, Vladimir, 67
Zwichy, Fritz, 358

CUPRINS

Cuvînt înainte V

În chip de introducere 1

CAPITOLUL 1

ŞTIINŢA PE VREMEA TATII, ACUM CINCIZECI DE ANI

Secolul la începuturile lui. — Un savant de pe vremuri. — La vîrsta de aur a scientismului. — O şedinţă a Academiei de ştiinţe, în 1913. — O anchetă asupra „capătului" ştiinţei. — Astronomul se simţea bine în micul lui canton solar. — Astrofizica îşi cerea locul. — Timide incursiuni în lumea stelelor. — „Capătul" cerului în 1913. — Totuşi, ici şi colo, încolţea astronomia viitorului. — În domeniul atomului. — Un congres al fizicienilor în 1913. — Primul pas spre infinitul mic: electronul. — Interiorul unui atom. — Scandalul cuantelor. — Atomul, această

maşină complicată. — În străfundul materiei, în 1913. — Arhitectura moleculelor. — La capătul domeniului vieţii. — Langevin — un apostol al fizicii noi. — Cum a creat Einstein relativitatea. — Un univers nou ieşea din mîinile lui Einstein 5 75

CAPITOLUL 2

LA AVANPOSTURILE VIEŢII

Un hiat de 50 de ani. — Savanţi de ieri şi de astăzi. — La limita lumii vizibile. — Anatomia moleculelor. — Macromolecula, substratul vieţii. — Taina vieţii într-o picătură de acid nucleic. — Revoluţia biologiei moleculare. — Problema nr. 1 a profesorului Coursaget. — Uzina din cadrul celulei. — Cheia codului genetic. — Secretul virusilor. — Lupta virusului împotriva celulei. — Un biofizician de astăzi. — Mecanismul vieţii. — Abordarea electronică a problemei. — Şah boliior 76 127

CAPITOLUL 3

ADÎNCURILE MATERIEI

Haltă la nivelul atomului. — Atomul în 1963. — La ce servesc electronii unui atom? — Meditaţie la picioarele donjonului. — Variaţii pe tema materiei. — Asediul donjonului nuclear. — În vizită la sondorii de nuclee. — Saturn şi fraţii lui mai mari. — Ghid pentru interiorul donjonului. — O forţă nucleară misterioasă. — Pe urmele parti-

culelor cosmice. — Un mușuroi nedefinit de particule fundamentale. — Rețetă de creat materie. — Micul popor al antiparticulelor . . . . . 128—185

CAPITOLUL 4

DE CEALALTĂ PARTE A LUCRURILOR

În căutarea materialelor elementare. — Un nucleu la microscop. — Demontarea unui proton. — La capătul materiei. — ...și ceva mai încolo. — Unde se vede că dreapta nu e totuna cu stînga — și invers. — Măreție și decădere a determinismului. — Zăpăceala fizicii de astăzi. — La capătul materiei, care e realitatea ? — Varietate de materii, varietate de universuri. — Pitice albe ultrapitice. — Materie care nu e ca a noastră. — Atomi fără electroni. — ...și nuclee fără protoni. — Surprizele antimateriei. — Privire în antilume. — În pragul lumii reale. — Alți ochi pentru a vedea universul. — Neutrino, o personalitate care se ascunde. De cealaltă parte a oglinzii . . . . . 186—249

CAPITOLUL 5

SPRE HOTARELE CERULUI

Întoarcere la clasele mici. — În căutarea unei măsuri pentru sondarea cerului. — Unitatea noastră de sondaj : distanța Pămînt-Soare. — Etalonarea unității astronomice. — Prima scală : privire generală asupra sistemului solar. — A doua scală : lumea stelelor. — A treia

escală : continentul nostru galactic. — A patra escală : Galaxia, insulă sau continent ? — Galaxia, un univers-insulă ca atîtea altele. — A cincea escală : undeva în oceanul intergalactic. — Universuri-insule şi universuri-arhipelaguri. — Neplăcuta aventură a cefeidelor. — Despre diversele mijloace de sondaj extragalactic. — Viteza galaxiilor ne indică depărtarea lor. — A şasea escală : la capătul universului optic . . . . . 250—307

CAPITOLUL 6

O VEDERE DE LA CAPĂTUL LUMII

Glasul cerului. Pentru a asculta sfiosul glas al stelelor. — Radioastronomii la lucru. — La cules de radiosurse. — Am spart zidul optic. — A şaptea escală : cerul radiogalaxiilor. — Marginile universului. — A opta escală : la graniţa radiouniversului. — Zidul de la capătul lumii. — Privire peste zid. — Nu, universul nu are capăt ! — Ultima etapă : la marginea prăpastiei . . . 308—360

ADDENDA

Teoria informaţiei, informatica şi explozia informaţională. — Cibernetica, metodele euristice şi inteligenţa artificială. — Creierul în ecuaţii şi circuite electronice. — Evoluţia omului. — Bătălie în jurul unor inimi. — Sinteza vieţii. — Inepuizabilul electron. — Strania lume a microobiectelor. — O nouă eră în as-

tronomie. — Portretul unor planete. — *Ignoramus et ignorabimus?* — Pulsari, cuasari și galaxii Seyfert. — Infinitul cerului . . . . . 361—434

INDICE DE NUME 435

Lector : ELENA MURGU
Tehnoredactor : AURELIA ANTON

Apărut 1972. Hîrtie ziar de 50 g/m². Format 700×920/32. Coli ed. 19,58. Coli tipar 14,5. A. nr. 9560/1971. C.Z. pentru bibliotecile mari și mici 84—96=59.

Tiparul executat sub comanda nr. 10 683 la Combinatul Poligrafic „Casa Scînteii", Piața Scînteii nr. 1, București
Republica Socialistă România

pierre rousseau

«Lucrarea lui Pierre Rousseau *Călătorie la capătul științei* este o reușită tentativă de prezentare a cîtorva date esențiale pentru știință, date cîștigate în jumătatea de secol situată între 1913 și 1963. Este o epocă bogată în evenimente, în care s-a născut ceea ce numim fizica nouă — dar și noua viziune einsteiniană a universului. Tot atunci și genetica a intrat pe o cale nouă, iar radioelectronica a pus la dispoziția cercetătorilor instrumente de lucru avînd posibilități nebănuite de generațiile anterioare.

Lectura cărții, în sine, este instructivă și captivantă.

Dar, după cum știm, în anii ce au succedat lui 1963, știința a făcut din nou un mare pas înainte. Rămînînd interesantă ca document, cartea în sine este lipsită de această perspectivă contemporană, în care ultimii 8—9 ani au marcat-o profund.

Tocmai din acest motiv a apărut necesitatea unor completări, a unor aduceri la zi. Am considerat util să plasăm aceste date noi la urmă, sub forma unei *Addenda*.

Sîntem convinși că această *Călătorie la capătul științei* va fi un îndemn pentru mulți cititori de a medita la rolul mereu crescînd al științei în viața contemporană, la splendoarea acestui edificiu construit de rațiunea umană și, poate, la necesitatea unei informări continue în domeniul științei, Pentru că, așa cum în special secolul nostru a dovedit-o, știința este singura cale prin care omul își poate îmbunătăți viața, stăpînind și transformînd natura.»

EDMOND NICOLAU

editura minerva

Lei 5